



**FACTORES QUE INFLUYEN EN LA
ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS RFID
PARA EL CONTROL DE
INVENTARIOS EN LAS PYMES DE
MANUFACTURA DE BOGOTÁ.**

**Gina Paola Carrero Lugo
Laura Alejandra Sastre Ruidiaz**

Universidad EAN
Facultad de Ingeniería
Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento
Bogotá, Colombia
2021

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS RFID PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS EN LAS PYMES DE MANUFACTURA DE BOGOTÁ.

Gina Paola Carrero Lugo
Laura Alejandra Sastre Ruidiaz

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Director (a):

Pablo Cesar Ocampo Vélez

Modalidad:

Monografía

Universidad EAN

Facultad de Ingeniería

Maestría en Gerencia de la Cadena de Abastecimiento

Bogotá, Colombia

2021



Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Firma del director del trabajo de grado

Resumen

En Colombia la implementación de tecnologías para optimizar los procesos logísticos de las cadenas de suministro se ha visto limitado, lo cual, ha retrasado el crecimiento de la industria nacional. En el caso específico del sector de manufactura, en las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), esto se convierte en un obstáculo para lograr objetivos de expansión y enfrentar el mercado competitivo.

La gestión, administración y control de inventarios en las organizaciones necesita especial atención para lograr tener un efectivo control interno de las existencias y/o recursos para cumplir con la demanda de clientes y con los procesos productivos. Lo anterior, incluye tener información disponible, oportuna y actualizada en los registros de inventario, permitiendo tomar acción si existe algún faltante que genere riesgos de desabastecimiento. El uso de tecnologías RFID (identificación por radiofrecuencia) pertenecientes a la industria 4.0, para el seguimiento y control de inventarios, está siendo tendencia en el mundo actual, gracias a su precisión, manejo de data, rapidez y seguridad de la información.

Este estudio se realizó bajo el marco TOE (Tecnología, organización y entorno), analizando los factores que tienen en cuenta las PyMEs de manufactura de Bogotá, en el momento de tomar la decisión de adoptar o no los sistemas RFID como solución tecnológica para la administración y control de inventarios. Se diseñó y aplicó una encuesta a 55 PyMEs de manufactura para la recolección de datos y se elaboró un modelo de regresión logística binario donde los hallazgos indican que factores tecnológicos, como el costo, la complejidad y la disponibilidad de infraestructura son elementos que limitarían la decisión de adoptar la tecnología. Además, se evidenció que factores organizacionales como el volumen de inventario, el soporte de la organización y factores de entorno, como el apoyo del gobierno, serían los que impulsarían a las PyMEs para adoptar los sistemas RFID como aliado e innovación tecnológica para sus operaciones. Se concluye el trabajo, discutiendo las implicaciones teóricas y prácticas de los hallazgos de la investigación.

Palabras clave: Sistemas RFID, control de inventarios, marco TOE, Regresión Logística Binaria, adopción de tecnologías, cadena de suministro.

Abstract

In Colombia, the implementation of technologies to optimize logistics processes in supply chains has been limited, which has delayed the growth of the national industry. In the specific case of the manufacturing sector, in small and medium-sized enterprises (SMEs), this becomes an obstacle to achieve expansion objectives and face the competitive market.

The management, administration and control of inventories in organizations needs special attention to achieve effective internal control of stocks and / or resources to meet customer demand and production processes. This includes having information available, timely and updated in the inventory records, allowing action to be taken if there are risks of shortages. The use of RFID technologies in inventory monitoring and control is being a trend in today's world, thanks to its precision, data management, speed and information security.

This study was carried out under the TOE framework (Technology, organization and environment), analyzing the factors that the manufacturing SMEs of Bogotá take into account, when making the decision to adopt or not RFID systems as a technological solution for administration and inventory control. A survey was designed and applied to 55 manufacturing SMEs for data collection, and a binary logistic regression model was developed where the findings indicate that technological factors, such as cost, complexity and infrastructure availability are elements that would limit the decision of adopt technology. In addition, it was evidenced that organizational factors such as inventory volume, organizational support and environmental factors, such as government support, would be the ones that would drive SMEs to adopt RFID systems as an ally and technological innovation for their operations. The work is concluded, discussing the theoretical and practical implications of the research findings.

Keywords: RFID systems, inventory control, TOE framework, Binary Logistics Regression, technology adoption, supply chain

Tabla de contenido

Lista de figuras.....	8
Lista de tablas.....	9
1. Introducción.....	11
2. Objetivos.....	16
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3. Justificación.....	17
4. Marco teórico y conceptual.....	22
4.1 TECNOLOGÍAS RFID EN LA GESTIÓN DE INVENTARIOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO 23	
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA RFID PARA EL CONTROL DE INVENTARIOS A NIVEL MUNDIAL.....	25
4.3 MARCO DE EVALUACIÓN TOE (TECNOLOGÍA, ORGANIZACIÓN Y ENTORNO).....	29
4.4 IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA RFID EN PYMES EN COLOMBIA.....	34
5. Hipótesis.....	39
6. Metodología.....	44
6.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
6.2 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	47
7. Trabajo de Campo.....	48
7.1 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	48
7.2 ESTRUCTURA DEL DISEÑO DE LA ENCUESTA:.....	50
7.3 CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO – ENCUESTA.....	54
7.4 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO DE DATOS.....	60
7.4.1. ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	60
7.5 COMPONENTE DE DISEÑO EN INGENIERÍA.....	65
7.6 RESULTADOS DEL MODELO DE REGRESIÓN LOGÍSTICA.....	72
7.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	75
8. Discusión de resultados.....	83
9. Conclusiones.....	86



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

10.	Referencias bibliográficas.....	91
A.	Anexo 1. Encuesta.....	101

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Árbol de problemas- Falta de tecnologías digitales y sistemas de información para el control de inventarios en las PyMEs	12
Figura 2. Mapa conceptual de identificación de los principales conceptos abordados en el marco teórico y conceptual.....	22
Figura 3. Factores enfoque de Investigación.....	39
Figura 4. Detalle de Factor Entorno, Factor Tecnológico y Factor Organizacional	40
Figura 5. Metodología utilizada	44
Figura 6. Proceso de Diseño del Modelo de Regresión Final	46
Figura 7. Porcentajes de respuesta pregunta 31	61
Figura 8. Porcentajes de respuesta pregunta 10.....	62
Figura 9. Porcentajes de respuesta Pregunta 13	64
Figura 10. Porcentajes de respuesta Pregunta 16	65
Figura 11. Una Odds Ratio se obtiene con el cociente de las Odds.....	77

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Estudios previos utilizando el marco TOE y diferentes modelos estadísticos para analizar la adopción de RFID como innovación tecnológica	33
Tabla 2. Preguntas Diagnóstico de la Encuesta	50
Tabla 3. Preguntas por contexto de la Encuesta	52
Tabla 4. Descripción Escala Likert	54
Tabla 5. Fiabilidad Alfa Cronbach	55
Tabla 6 Resultado Alfa de Cronbach	55
Tabla 7. Descripción de variables Diagnóstico Actual	57
Tabla 8. Descripción de variables explicativas	59
Tabla 9. Frecuencia y porcentajes pregunta 31	61
Tabla 10. Frecuencia y Porcentaje P10	62
Tabla 11. Frecuencia y Porcentaje.....	63
Tabla 12. Frecuencia y Porcentaje P16	65
Tabla 13. Variables del Modelo Final	73
Tabla 14. Tabla de Clasificación	73
Tabla 15. Resultados por variable – Regresión Logística	74
Tabla 16. Resultados de la prueba de Hosmer y Lemeshow	74
Tabla 17. Test VIF (Factor de Inflación de la Varianza)	75
Tabla 18. Resumen Modelo Equiprobable	76



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

Tabla 19. Resumen Modelo Final.....	76
Tabla 20. Adopción de RFID en las organizaciones.....	77
Tabla 21. Resultados de los factores del Contexto Tecnológico.....	79
Tabla 22. Resultados de los factores del Contexto Organizacional.....	80
Tabla 23. Resultados de los factores del Contexto Entorno.....	81

1. Introducción

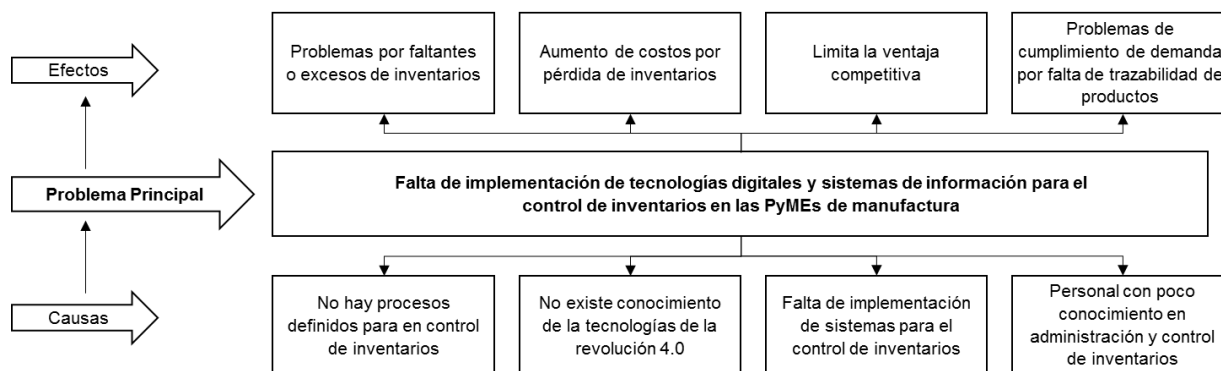
Uno de los procesos más críticos dentro de la cadena de abastecimiento es la administración de los inventarios, ya que estos representan uno de los activos más importantes dentro de las compañías por el costo del mantenimiento, el valor de los mismos y porque afectan directamente la capacidad de responder a la demanda. En la actualidad las pequeñas y medias empresas (PyMEs) del sector de manufactura poseen pocos avances tecnológicos y controles internos en administración de inventarios, que permitan tener una mayor trazabilidad y control del inventario de materias primas, producto en proceso y producto terminado, este tema merece la atención de la alta dirección de una empresa, especialmente cuando se encuentra en una etapa de crecimiento y de expansión de sus actividades en el mercado (Delgado et al., 2019).

Es común que en las pequeñas y medianas empresas (PyMEs), cuando inician sus actividades económicas, las actividades relacionadas con la gestión de inventarios no tengan una estructura organizada y debidamente planeada. Sin embargo, con el paso del tiempo, y de acuerdo al crecimiento de cada organización (en algunos casos de forma más acelerada, en unas que en otras), la gestión de inventarios se empieza a tornar ineficiente. Con el objetivo de aumentar, e incluso mantener las ventas, las PyMEs se enfrentan al manejo de altos niveles de inventario, generando en muchos casos un colapso gracias a la falta de control y administración de los mismos (Alzate & Boada, 2017).

La gestión de inventarios en la mayoría de las PyMEs colombianas se ha manejado de forma manual, es decir, sin usar ningún sistema de información. Por esto, en el país, todavía hay mucho por hacer respecto a la implementación de estos sistemas de identificación. Para Arguello, Nocobe y Menjura (2018), las dificultades de las PyMEs en Colombia en torno al manejo, control y administración de inventarios se pueden relacionar con el poco uso de las herramientas existentes para realizar los seguimientos adecuados (incluso si es de forma manual), la resistencia a la inversión de sistemas que permitan la gestión de los inventarios a lo largo de la cadena de suministro, la falta de coordinación y priorización de inventarios, la falta de capacitación en el manejo de inventarios al personal, así como la falta de documentación que permita tener información disponible en el momento en el que se deba tomar una decisión a lo largo de la cadena de suministro.

A continuación, se muestra el árbol de problemas (Figura 1), en el cual se identifican todos los conceptos sobre los cuales se basa la investigación.

Figura 1. Árbol de problemas- Falta de tecnologías digitales y sistemas de información para el control de inventarios en las PyMEs.



Fuente. Elaboración propia

Actualmente las empresas que pueden implementar tecnologías de información robustas logran operar de forma más eficiente y pueden solucionar problemas de la cadena de suministro. Sin embargo, la decisión de adoptar tecnologías e innovaciones para mejorar los procesos de inventarios mencionados, incluyen diferentes aristas asociadas a factores tecnológicos, organizacionales y de entorno, lo cual se denomina marco de trabajo TOE el cual es un modelo de investigación conceptual transversal propuesto por Tornatzky y Fleischer en 1990 (Lei et al., 2021). Este marco teórico se ha utilizado ampliamente en el campo de los sistemas de información para estudiar las influencias de los contextos tecnológicos, organizacionales y ambientales en la toma de decisiones de las empresas. Por lo tanto, el marco TOE puede ayudar a explorar los efectos de las tecnologías digitales actuales y el entorno en la diversificación de actividades de las empresas.

La transformación digital al interior de las cadenas de suministro en países con un desarrollo económico avanzado está siendo liderada, sobre todo, por empresas multinacionales dejando de lado a las pequeñas y medianas empresas que generalmente no son arriesgadas en la adopción de nuevas tecnologías y formas de trabajo. Las cadenas de suministro 4.0 permiten un crecimiento económico importante en las industrias alrededor del mundo, y representan una

oportunidad para el desarrollo económico colombiano. Es por esto que, impulsar la transformación en las cadenas de suministro locales es una tarea urgente, ya que, por un lado, en Colombia y sobre todo en las PyMEs la adopción de tecnologías digitales es limitada (Calatayud & Katz, 2019), y por el otro, cada vez se hace necesario evolucionar los procesos dentro de la cadena de suministro para un mayor desarrollo económico.

Sin embargo, los países de Latinoamérica aún se encuentran muy lejos de alcanzar altos niveles de desempeño de los facilitadores logísticos que tienen las economías avanzadas. En la mayoría de países analizados, incluyendo a Colombia, el foco de atención se lo lleva la disponibilidad y calidad de infraestructura, haciendo que los planes de inversión en modernización tecnológica se pospongan. Es por esto que en el último informe del Índice de Desempeño Logístico (LPI) desarrollado por el Banco Mundial en el 2018, se ubica a Colombia en el puesto 58, con un índice de 2,94, de un total de 160 países del mundo.

A su vez, en el ranking de Competitividad Mundial, la economía de Colombia en el año 2018 ocupó el puesto 60, demostrando un avance y una mejora de 9 posiciones en los últimos cinco años, que ha sido impulsada por el mejoramiento de la infraestructura, el desarrollo del capital humano, la adopción tecnológica y el desarrollo de un nivel más avanzado de digitalización en comparación a otros países latinoamericanos. Sin embargo, Colombia se encuentra atrasado frente a países de la OCDE (Calatayud & Katz, 2019), por ejemplo, en el ranking del Índice de innovación global del 2017, Colombia ocupa el sexto puesto entre los países de Latinoamérica con un índice del 34,8, comparándolo con Suiza, donde el índice de Innovación es de 67,7.

Lo anterior, permite establecer el panorama de países en desarrollo, como Colombia, ya que dentro de la mencionada transformación digital es difícil que las PyMEs puedan entrar a competir en nuevos mercados con empresas que tienen sistemas de información robustos que hacen sus procesos más eficientes y sus productos más rentables por el bajo costo y la automatización a gran escala. Se hace necesario, que las PyMEs comiencen a adoptar la innovación en sus procesos, introduciendo mejoras o implementando tecnologías que de manera integrada al modo en que operan de forma habitual, les permita tener un mayor crecimiento y logren tener protagonismo en el mercado actual (Ortiz & Nagles, 2013).

En el caso de Colombia, la migración de los negocios de un modelo tradicional a uno con adopción de una estrategia digital, según la encuesta de transformación digital de la ANDI en el caso de la industria, pasó de 25,1% en 2016 a 48,4% en 2017 (Ministerio TIC, 2018). La encuesta del 2017 también arroja resultados en cuanto a la inclusión de tecnologías avanzadas por parte de las PyMEs colombianas, por ejemplo, el *IoT* apenas tiene un 9% de adopción, la robótica 1.5%, impresión 3D, 2.2%, Big Data 3,2% e Inteligencia Artificial, 1.2%. Lo anterior demuestra que se hace absolutamente necesario impulsar la adopción de tecnologías de la nueva era digital que permitan el crecimiento que la mayoría de empresas desea.

Dentro de los sistemas de información y nuevas tecnologías pertenecientes a la revolución 4.0, que apoyan la administración de inventarios, se encuentra la tecnología RFID (Sistemas de identificación por radiofrecuencia), la cual permite la identificación de los materiales y su trazabilidad por toda la cadena. Este tipo de tecnología, funciona como método de almacenamiento y de recuperación de datos, y la información se encuentra en etiquetas de identificación, también llamadas *tags*. Su concepto es similar al de los códigos de barras, que es la tecnología más utilizada en la actualidad para la identificación de inventarios, sin embargo, este tipo de identificación está presentando inconvenientes como por ejemplo la poca cantidad de datos que puede almacenar, y la imposibilidad de ser reprogramado (Medranda, 2016) .

Los sistemas RFID han tenido mucha aceptación para el control de inventarios, debido a las ventajas de monitoreo en tiempo real y de forma automática de cajas y productos a lo largo de la cadena de abastecimiento, siendo una forma nueva de seguimiento de productos , una herramienta que recude pérdidas, aumentando eficiencia y velocidad de los procesos por medio de un manejo preciso y exacto de información (Ramírez & Meléndez, 2014).

En el caso de América Latina, la implementación de sistemas RFID, está retrasada con respecto al mercado mundial, en términos de despliegue de infraestructura capaz de sustentar soluciones tecnológicas *IoT*. En el sector de manufactura, este tipo de soluciones, pueden ayudar a mejorar la productividad del sector, lo anterior, teniendo en cuenta que en la mayoría de países latinoamericanos menos del 20% de sus actividades tienen un componente tecnológico medio/alto, lo cual representa una gran oportunidad para el crecimiento y desarrollo económico (Deloitte, 2018). En Colombia las PyMEs están fallando en la poca importancia que les dan a los temas de innovación y soluciones tecnológicas.

Lo anteriormente mencionado, muestra la importancia de que las PyMEs colombianas identifiquen qué elementos son necesarios para acceder a las soluciones tecnológicas existentes como lo son los sistemas RFID y encuentren allí la forma de fortalecer sus cadenas de abastecimiento. Así, existiría un control desde el primer escalón dentro de la misma, optimizando costos, brindando ventajas competitivas, abriendo acceso a nuevos mercados, aumentando su rentabilidad y otros beneficios sustanciales para las organizaciones. La decisión de adopción de tecnologías RFID en PyMEs debe analizar diferentes factores a nivel tecnológico, organizacional y de entorno, que puedan solucionar los problemas planteados y alinee a las personas, procesos y herramientas de acuerdo a la situación de cada organización y así responder la siguiente pregunta de investigación: *¿Qué factores influyen y/o limitan a las PyMEs de Bogotá del sector de manufactura para que decidan implementar tecnologías digitales, especialmente sistemas RFID, como innovación para el control y administración de inventarios?*

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar los factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID en PyMEs de Bogotá del sector de manufactura por medio de un modelo de Regresión Logística Binario.

2.2 Objetivos específicos

- Diseñar y aplicar una encuesta que permita analizar las variables que influyen en la adopción de tecnologías RFID en las PyMEs de Bogotá del sector de manufactura.
- Analizar los datos recolectados en la encuesta realizada a las PyMEs de Bogotá del sector de manufactura.
- Crear la estructura del modelo de Regresión Logística Binario por medio de las variables explicativas resultantes.
- Determinar el impacto de las variables específicas desde el marco TOE (factores tecnológicos, organizacionales y de entorno) en la decisión de adopción de tecnologías RFID en las PyMEs de Bogotá del sector de manufactura.

3. Justificación

Este estudio pertenece al campo de investigación de Ciencia, tecnología e innovación, especialmente del grupo de investigación y desarrollo Tecnológico ONTARE, el cual incluye líneas de investigación, relacionadas con tecnologías de información y comunicaciones, gestión y diseño de procesos y cadenas de suministro sostenibles. De acuerdo con esto, esta investigación busca incentivar el desarrollo de las cadenas de suministro en América Latina, especialmente de Colombia, dentro de la cuarta revolución industrial, ya que este es todavía primario, ya que la transformación digital de las cadenas de suministro se está convirtiendo en el factor de éxito de las organizaciones y, sobre todo, en el paso de los países en desarrollo hacia la cuarta revolución industrial (Calatayud & Katz, 2019).

La necesidad de liderar los mercados y la nueva economía, aceleran los procesos de transformación, de acuerdo con los niveles de capacidad de las empresas. La digitalización de la industria genera métodos y modelos innovadores que mejoran la productividad y replantean la forma de hacer las cosas en las cadenas de abastecimiento de extremo a extremo (Orange, 2019). Las diferentes tecnologías hoy existentes, que pertenecen a la industria 4.0 como son: *Data Analytics* en la manufactura, robots, automatización para procesos de fabricación, clonación digital o simulación, impresión 3D en fabricación aditiva, seguridad cibernética para las plantas, manufactura en la nube, realidad aumentada en fabricación, Inteligencia Artificial en manufactura, *Blockchain*, *IoT* (Internet de las cosas) permiten tener herramientas para mejorar los procesos y productividad de las organizaciones (Jain & Mondal, 2017). La adopción de estas tecnologías de digitalización tiene impactos positivos dentro de la cadena de suministro que pueden ser categorizados en 5 grupos: mejora de la productividad de las organizaciones, excelencia en la experiencia del cliente, personalización de procesos masivos, monitorización de los procesos de la cadena de valor en tiempo real y mantenimientos predictivos por medio del análisis de información (Orange, 2019).

Para sacar provecho de las tecnologías mencionadas, las compañías deben tener nuevas reformas que tengan como centro la transformación productiva (Castillo, 2017), que permitan evidenciar resultados reflejados en el aumento de la rentabilidad, la productividad del tiempo y la flexibilidad que tendrán las tareas de los procesos de fabricación alineadas al panorama digital.

Por otro lado, alcanzar los estándares que demandan las actividades (cada vez más complejas) de las cadenas de suministro del “futuro”, exige aumentar la coordinación entre los procesos y los actores que participan en la red de valor por medio de las nuevas tecnologías digitales. En el contexto colombiano, según cifras del Observatorio de Economía Digital, el 17.7% de las grandes empresas y el 10% de las PyMEs han adoptado *IoT*, lo que puede ser muestra que uno de los grandes problemas de las PyMEs, es que no entienden qué oportunidades genera la transformación digital, qué es la 4ta Revolución Industrial o Industria 4.0 (Calatayud & Katz, 2019) y qué soluciones tecnológicas como la adopción de RFID en el etiquetado de los materiales a lo largo de la cadena suministro, daría solución al punto de dolor de muchas de ellas frente al control de inventarios.

Hablar del etiquetado de los productos de materia prima dentro de la industria 4.0, incluye sistemas de localización en tiempo real integrados a dispositivos inalámbricos conectados, que permiten tener una visibilidad y ubicación exacta de las mercancías dentro de los almacenes y bodegas. Es por esto, que integrar RFID al sistema de etiquetado y codificado de materiales y productos, permite por medio de un lector de transmisión y recepción de señales y un software que gestiona la información recogida (Sotres, 2017), garantizar el manejo de inventarios al instante, reduciendo la pérdida de mercancía por falta de controles. Por otro lado, la implementación de etiquetas RFID, identifica de forma masiva y confiable la mercancía recibida, mejorando radicalmente la forma de verificación manual del inventario en stock. De igual forma, la gestión de los almacenes se optimiza ya que la preparación, organización, movimientos, y recogida de órdenes de pedido, se puede hacer en menos tiempo y detectando cualquier tipo de error (Dipole, 2019).

Las etiquetas RFID son uno de los habilitadores de la tecnología *IoT* al interior de las cadenas de suministro inteligentes, y permiten solucionar el problema de control y administración de inventarios, el cual es uno de los tantos que abordan las empresas manufactureras. El rastreo y conteo de inventarios por medio de esta tecnología permite tener mayor precisión de los materiales y productos evitando desperdicios, aumento de costos y teniendo trazabilidad en tiempo real de las entradas y salidas de material. Lograr esto, depende en un alto porcentaje de la rapidez con la que se implementen innovaciones tecnológicas, no sólo para encontrar soluciones a problemas o identificar cuellos de botella, si no, para predecir inconsistencias,

patrones y tendencias en las operaciones del día a día en las organizaciones. Cabe mencionar que los datos que transmiten y capturan los sensores inteligentes de la RFID, adicionalmente brindan seguridad de los materiales, así como la localización exacta de los mismos evitando artículos extraviados, digitalizando procesos que se vienen manejando de forma manual o con un sistema poco sofisticado de control, reduciendo considerablemente los costos de inventario y brindando disponibilidad de información que ayude a la toma de decisiones organizacionales.

Sin embargo, como se ha mencionado, el tomar la decisión de adoptar nuevas tecnologías e innovaciones requiere de una serie de puntos a analizar, los cuales pueden ser organizados gracias al marco de trabajo TOE, ya que este conceptualiza los factores a nivel tecnológico, organizacional y de entorno que influyen en estas decisiones estratégicas. Lo anterior hace referencia a que las organizaciones para tomar la decisión de innovar necesitan tener el panorama completo de lo que invertir en una tecnología implica. Es por esto que seguir el marco de estudio TOE, proporciona una base teórica sólida que puede ser adaptable al contexto de cada organización y sector industrial sobre la cual desarrollar el marco conceptual deseado (Lei et al., 2021). Además, la inversión de proyectos de innovación puede ser clasificada como compleja por la incertidumbre que genera, donde soportar las decisiones considerando el marco de trabajo propuesto, permite tratar el posible fracaso que puede tener cualquier tipo de proyecto, en términos de sobrecostos, retrasos e ineffectividad en las metas inicialmente planteadas (Gutiérrez & Melgarejo, 2017).

En Colombia son muy pocas las empresas que tienen implementado un sistema con RFID por razones asociadas al precio, al desconocimiento tecnológico y resistencia al cambio. Existen 20 empresas en Colombia que han adquirido la tecnología, entre ellas el Grupo Familia y Colciencias y según el director de *Cibergenius* de Bogotá, César Argel, por cada lectura de etiqueta que se realice con mecanismo de seguimiento de inventarios por medio de códigos de barra, con RFID se hacen 200, es decir que se tiene un ahorro de tiempo de casi el 200% (Villamizar, 2019). Una de las diferencias de la RFID con las lecturas que realizan los códigos de barras, es el aumento de la velocidad de la lectura de lotes grandes de forma simultánea (Doss et al., 2020).

Este trabajo investigativo, pretende proponer un modelo de Regresión Logística Binario para medir la probabilidad de adopción de tecnologías RFID por parte de las PyMEs del sector de manufactura en la ciudad de Bogotá. El modelo de regresión es elegido, ya que, de acuerdo a

sus características probabilísticas, permite obtener de forma cuantitativa, el aporte de diferentes factores significativos para analizar los que son limitantes o impulsores de las PyMEs para decidir adoptar o no la tecnología RFID en sus procesos de gestión y administración de inventarios. El modelo realizado tomó como variables de entrada la percepción de los beneficios de la tecnología; el costo, la complejidad y la disponibilidad de infraestructura; aspectos organizacionales, y aspectos del entorno, soportados por el marco de trabajo TOE (Tecnología-Organización y Entorno), que postula que la decisión de adoptar una tecnología dentro de la organización depende de tres dimensiones, tecnológica, organizacional y de entorno (Carvajal et al., 2018).

La importancia de este trabajo radica en poder evaluar cómo las PyMEs perciben la era digital y los beneficios de la tecnología RFID como solución y soporte tecnológico a sus procesos de inventarios dentro de la cadena de suministro. El instrumento resultante permite a través del cálculo de la probabilidad, la definición de los factores y elementos que influyen en la toma de decisiones para una adopción de tecnologías RFID en un plazo de tiempo no tan lejano. Además, este estudio puede guiar, proyectar y direccionar las decisiones de las organizaciones en el momento de evaluar una innovación o implementación tecnológica, ya que, si bien, existen diferentes estudios y hay algunos avances en materia de adopción de tecnologías digitales en PyMEs, se tienen diferentes limitaciones en la poca capacidad predictiva que tienen los modelos existentes y en la poca solidez que tiene la toma de decisiones en materia de innovación en pequeñas y medianas empresas.

Otra de las bondades que esta investigación puede proporcionar, es el cuestionamiento a las PyMEs colombianas que aún no han utilizado ningún sistema para la gestión de inventarios, o que tienen cierta resistencia a las transformaciones y a experimentar cambios, que interrumpen las prioridades corporativas a corto plazo. Lo anterior puede ser consecuencia de la incredulidad del mercado latinoamericano frente a las ventajas que aporta la adopción de nuevas tecnologías, ya que está influenciado por diferentes proveedores que promueven una visión optimista y, en algunos casos, irreal de los beneficios relacionados con la transformación digital (Calatayud & Katz, 2019). De igual forma, se debe entender que la visibilidad de los artículos y los conteos reales son elementos importantes en el control de inventarios. Las organizaciones deben tener un conocimiento exacto y preciso del inventario, ya que su subestimación o sobreestimación

podría tener consecuencias innecesarias de desabastecimiento o desperdicios de material. La inexperiencia en la apropiación de tecnologías que potencialicen los procesos de la cadena de abastecimiento, podrá conducir a la pérdida de clientes si se incurren en errores recurrentes con material proporcionado por las grandes compañías. Lo anterior, puede ocasionar que el crecimiento económico de las PyMEs colombianas se retrase, al no poder soportar las operaciones de gran volumen que demanden los clientes.

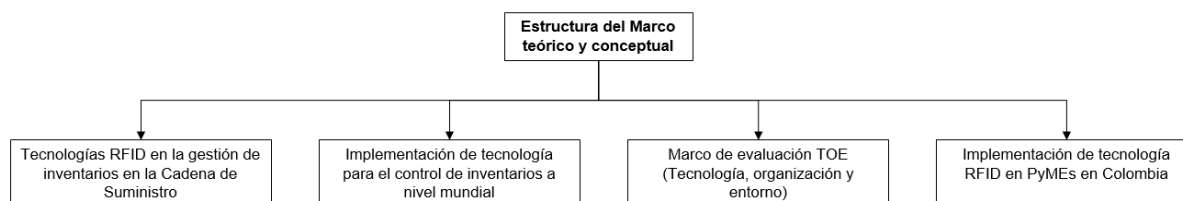
Finalmente, entender que la industria manufacturera está evolucionando al mismo tiempo que se crean nuevas soluciones tecnológicas en el mercado, permite tener un panorama real, y hace que las organizaciones conozcan las soluciones existentes para que puedan tomar provecho de las ventajas que el nuevo entorno digital ofrece. La oportunidad de tener acceso a información en tiempo real, permite que el proceso de toma de decisiones, control y gestión de los inventarios sea fácil, eficiente y no interrumpa los procesos siguientes de la cadena de suministro.

4. Marco teórico y conceptual

A continuación, se presenta la estructura del marco teórico y conceptual (Figura 2), donde se evidencian los conceptos, teorías y antecedentes que fundamentan el problema objeto de esta investigación; el primer apartado abordará la aplicación de las tecnologías RFID en el proceso de gestión de inventarios desde el concepto de la tecnología RFID, las principales características, las etiquetas usadas comúnmente y las ventajas de utilizar este tipo de tecnologías para el control de inventarios. En el apartado dos se menciona cual fue el camino inicial a nivel mundial para buscar la estandarización de las etiquetas RFID y lograr una mayor aplicabilidad en diferentes industrias, aborda los puntos de relación con la metodología Lean Manufacturing permitiendo eliminar actividades que no agregan valor, por último, se mencionan algunos obstáculos para la implementación de esta tecnología en empresas grandes y PyMEs.

El tercer capítulo menciona los principales fundamentos del marco TOE, algunas investigaciones y estudios relevantes de diferentes autores enfocados en la adopción e implementación de tecnologías por medio del mismo; para finalizar se aborda el alcance de la implementación de la tecnología RFID en PyMEs colombianas, se enuncia en términos globales los planes y políticas a nivel gubernamental que apoyan los proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación en este sector económico, los principales obstáculos en la implementación de este tipo de tecnologías y algunos casos de éxitos en grandes empresas en Colombia.

Figura 2. Mapa conceptual de identificación de los principales conceptos abordados en el marco teórico y conceptual



Fuente. Elaboración Propia

4.1 Tecnologías RFID en la gestión de inventarios en la Cadena de Suministro

El éxito de las organizaciones depende en muchas ocasiones de un esquema de cadena de abastecimiento eficaz, específicamente en la gestión de inventarios. En las organizaciones existen problemas con la inexactitud de inventario en los diferentes eslabones de la red de valor. La RFID (*Radio Frequency Identification* o identificación por radiofrecuencia) es una de las tecnologías que ha facilitado un mayor avance en la gestión, el control y la eficiencia del almacén. Se trata de un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa diferentes dispositivos, entre ellos etiquetas, tarjetas y *tags* (Flamarique, 2017). Los sistemas RFID permiten controlar las existencias y gestionar inventarios, gracias a las etiquetas RFID se pueden marcar todos los productos en stock y tenerlos ubicados registrando los movimientos que se realicen de entrada o salida (Gómez, García & Bernabé, 2018).

En primera instancia, es importante entender y tener claro el concepto de un sistema RFID como una tecnología reciente, que se soporta en el uso de radiofrecuencia para lograr la transmisión de información. Esta herramienta se compone de un circuito integrado con una especie de antena que permite la conexión a los productos que se utilizan a lo largo de la cadena de abastecimiento. Su funcionamiento se basa en el uso de etiquetas inalámbricas y EPC (códigos electrónicos de productos), lo cual permite la detección automática por medio de los lectores RFID (Chan et al., 2012).

La etiqueta con tecnología RFID en la gestión de inventarios necesita tener un escáner o lector, el cual hace uso de ondas de radio para tener comunicación entre sí. De acuerdo con (Jituri, 2020), la etiqueta contiene una especie de microchip que permite tener información y data actualizada en tiempo real cuando el lector realiza su lectura e identificación. Las etiquetas están protegidas por plástico o papel, permitiendo el contacto con cualquier superficie y permitir el seguimiento de artículos. Existen dos tipos de etiquetas RFID en el mercado, las activas y las pasivas. En la administración de inventarios el común denominador es el uso de etiquetas pasivas, las cuales no necesitan baterías y se alimentan de las ondas que produce el escáner de lectura. Por otro lado, las etiquetas activas tienen un uso más escalado, por ejemplo, en el seguimiento de maquinarias y medios de transporte, por tanto, su costo es más elevado.

La utilización de la tecnología RFID tuvo su origen en los años 40 en la II guerra mundial y se utilizó específicamente para detección de aviones por medio de las ondas de radiofrecuencia. En

los años 50 y 60, es donde se inicia el uso de etiquetas RFID para el control de mercancías en los supermercados y almacenes, en estos últimos años se intensificaron las mejoras a estas etiquetas y se crean las primeras compañías especialistas en esta tecnología. En los años 70 se utilizó para control de ganado, insertando bajo la piel un chip que permitiera identificar cuáles se encontraban vacunados y cuáles no, esta época fue muy importante para la evolución de la tecnología RFID. En los 80 y 90 su uso se extiende a muchos más campos como transporte, acceso de personal, peajes, identificación de animales, etc.; pero es en los inicios del siglo XXI en el cual se orientan las primeras aplicaciones de RFID a la automatización de los procesos de la cadena de abastecimiento (Torres, 2011).

En la gestión de inventarios el etiquetado y codificado es esencial para la organización y administración de inventarios al interior de los almacenes y centros de acopio. Uno de los beneficios que tienen las etiquetas RFID en la precisión de inventario, es que cuando se activa el lector, se emite una alerta que permite abastecer los almacenes cuando el stock cae por debajo del mínimo nivel establecido por la organización (Chan et al., 2012). Para Dai & Tseng (2012), la implementación de los sistemas RFID proporciona soluciones a los costos cada vez más grandes que surgen de la inexactitud de inventarios. Por otro lado, para (Chan et al., 2012), el control de inventarios implementando esta tecnología contrarresta efectos como el látigo, logrando una respuesta rápida y precisa en la gestión, distribución y flujo de inventarios en los procesos logísticos.

La inexactitud en los inventarios proviene de pérdidas físicas (despacho erróneo de proveedores, contracción por errores en los procesos y obsolescencia de artículos) o de pérdidas de información. En este último aspecto, los sistemas de identificación actuales, que en su mayoría se componen de códigos de barras, tienen un proceso de auditoría más lento y que no se realiza de forma regular por el costo y tiempo demandado. A diferencia de los códigos de barras para los sistemas de identificación, las etiquetas RFID no requieren una línea directa entre el lector y la etiqueta, lo cual ofrece una mayor velocidad de lectura a una distancia mayor. Así mismo, la tecnología por radiofrecuencia ofrece mayor capacidad de almacenamiento de información, seguridad y precisión de los datos y mayor durabilidad. Sin embargo, una de las principales desventajas de las etiquetas con tecnología RFID son sus elevados costos frente a las etiquetas

con códigos de barras, así como los problemas técnicos que pueden presentarse asociados a la propagación de ondas electromagnéticas (Acevedo et al., 2014).

Según el estudio de Shteren & Avrahami (2017) de la precisión de inventarios, cuando el inventario real tiene registros diferentes a los del sistema de información en las organizaciones puede deberse a 3 diferentes causas: la primera está relacionada a la pérdida permanente de inventario, extravío de unidades en el momento de la venta que se recupera en auditorías y controles exhaustivos y por último errores de transacción o escaneo que desvían el registro de inventario. Tener distorsión de información por la imprecisión de los registros que impiden la toma de decisiones, genera impactos financieros consecuencia del aumento de costos asociados al almacenamiento o a los faltantes generados, así como de pérdida directa de inventario para cada eslabón de la cadena de suministro (Dai & Tseng, 2012).

Es por esto, que la tecnología RFID en las organizaciones, está favoreciendo la implementación de tecnologías digitales innovadoras que poco a poco está condicionando las operaciones logísticas a nivel global en el sector. La trazabilidad en tiempo real de los inventarios que ofrecen los sistemas RFID en cada etapa de la red de valor, permite enfrentar todos los desafíos empresariales y generar cada vez más ventajas competitivas en materia de innovaciones tecnológicas en las organizaciones, lo cual permite competir en un mercado cada vez más exigente (Gunasekaran et al., 2011).

4.2 Implementación de tecnología RFID para el control de inventarios a nivel mundial

Los sistemas con tecnología RFID han tenido su mayor desarrollo en Estados Unidos, Europa y Asia, los cuales establecieron un consorcio de 30 países y por medio de la compañía GS-1 buscaron la estandarización de las etiquetas RFID, teniendo como primer objetivo el reemplazo de las etiquetas con códigos de barras. Las últimas, tenían como desventaja, el funcionamiento únicamente bajo visión directa sobre los productos, esta etiqueta esta creada para identificar un tipo de producto, no es posible utilizarla nuevamente ni reescribir la información de esta para otro producto, por ultimo su fácil deterioro al estar adherido a las superficies de los productos en la mayoría de los casos (Gotor, 2009).

Dentro del proceso de estandarización de este tipo de tecnologías a nivel mundial la ISO (*International Organization for Standardization*) ya ha establecido algunos parámetros para el uso

de RFID; específicamente definidos en la norma Supply chain applications of RFID — Product tagging (ISO 17367, 2013, p.1) donde “*define las características básicas de RFID para su uso en la cadena de suministro cuando se aplica al etiquetado de productos*”. Dentro del proceso de estandarización de este tipo de tecnologías a nivel mundial la ISO (*International Organization for Standardization*) ya ha establecido algunos parámetros para el uso de RFID; específicamente definidos en la norma Supply chain applications of RFID — Product tagging (ISO 17367, 2013, p.1) donde “*define las características básicas de RFID para su uso en la cadena de suministro cuando se aplica al etiquetado de productos. En particular: - Proporciona recomendaciones específicas sobre la identificación codificada del producto - Hace recomendaciones sobre información adicional sobre el producto en la etiqueta RF, - Hace recomendaciones sobre la semántica y la sintaxis de datos que se utilizarán, - Hace recomendaciones sobre el protocolo de datos que se utilizará para interactuar con las aplicaciones comerciales y el sistema RFID*”. Al tener la tecnología RFID una normativa a nivel mundial, brinda confianza a las PyMEs, así como una orientación adecuada para poder implementar etiquetas con sistemas RFID para el control de inventarios en los diferentes sectores industriales

También existe una perspectiva interesante de la relación entre la implementación de sistemas RFID y la aplicación de metodologías *Lean Manufacturing*; llevando a cabo la mejora continua en la operación de los almacenes de materiales, eliminando las actividades que no agregan valor, con ahorros significativos en tiempos de espera, en tiempos de transporte, reducción de mano de obra operativa, etc. Lo anterior, traerá beneficios importantes para las PyMEs en la mejora de rendimiento, eficacia y eficiencia de la cadena de abastecimiento, reducción en los costos y mejora en los tiempos de entrega al cliente con plazos de entrega más cortos (Chen et al., 2013).

Cabe mencionar que las tecnologías digitales en los últimos años han sido estudiadas de forma significativa en la industria y en investigaciones académicas. Un estudio realizado por Yang et al., (2021) a 55 organizaciones, estudia los factores que influyen en la adopción de tecnologías digitales como los sistemas RFID y su impacto en empresas manufactureras para la mejora de los procesos de la cadena de suministro. Lo anterior, en términos de eficiencia, estructura, sostenibilidad e innovación donde los resultados arrojan que los problemas operativos y la estrategia que tenga la organización son influenciadores fuertes a nivel interno. Por otro lado, desde los actores externos, los proveedores, la presión de la competencia y los clientes son los

impulsores más destacados en la adopción de tecnologías digitales y posteriormente el impacto se evidencia en la mejora de los procesos, relaciones y actividades con todos los actores a lo largo de la cadena de abastecimiento.

Uno de los estudios realizados en China por Zhang et al., (2018), analizó las diferentes estrategias de adopción de RFID en una cadena de suministro descentralizada con un fabricante y dos minoristas competidores que enfrentan problemas de mala ubicación del inventario. El estudio por medio de teoría de juegos demuestra que algunas de las estrategias ideales para adopción de RFID dependen de la intensidad de la competencia, las tasas de extravío del inventario circulante, y el costo de etiquetado RFID. De acuerdo con lo anterior, los resultados obtenidos de la investigación demuestran que una de las estrategias de las organizaciones en el momento de adoptar la tecnología es cuando el costo de etiquetado RFID unitario es intermedio y la presión de la competencia se intensifica.

Otro estudio de la industria manufacturera en China, realizado por Rahman et al., (2013) determinó y priorizó los factores que afectan la adopción de tecnología RFID. Lo anterior, utilizando seis estudios de caso y empleando el proceso de jerarquía analítica (AHP), el cual dio como resultado que los factores críticos que afectan la adopción de RFID son el apoyo de la alta dirección de la organización, el costo de hardware y software, el costo de etiqueta, la fuerza de la industria y la compatibilidad tecnológica. El estudio permitió demostrar la importancia de la tecnología RFID, evidenciando que esta se ha convertido en una de las innovaciones más importantes en los procesos de la cadena de suministro, ya que su implementación puede brindar mejoras asociadas a la reducción de costos de inventarios, control de las existencias, aumento de la visibilidad y de la coordinación entre los eslabones de la cadena de abastecimiento.

Piramuthu et al. (2014), realizaron una investigación en el sector minorista sobre la implementación de etiquetas con tecnología RFID en todos los artículos de venta, independientemente de su costo respecto a cada etiqueta con este sistema. Por otro lado, expone que incluso aun cuando los artículos tienen un costo de venta bajo (entendiendo por bajo los que tienen un costo menor al de una etiqueta con tecnología RFID), bajo ciertas premisas, deberían ser etiquetados para obtener los beneficios significativos en la cadena logística de las organizaciones. Lo anterior, soporta el estudio (Sain & Wong, 2018), quienes afirman que siendo la implementación de estas etiquetas un obstáculo para algunas compañías minoristas por su

costo, las ventajas en términos de vanguardia, tecnología y aumento de los escenarios de uso, hacen la diferencia y favorecen la implementación de estas tecnologías en la administración de inventarios.

Un estudio realizado por Reyes et al., (2016) a 175 organizaciones en Estados Unidos, identificó los determinantes que influyen en la etapa de adopción y los beneficios percibidos de la tecnología RFID por medio de una encuesta en línea y posteriormente analizado por un modelo de regresión Probit. Los resultados arrojados, demuestran que los factores que impulsan la adopción a nivel interno y externo, corresponden al liderazgo de la alta dirección y al nivel intermedio de las organizaciones, el tamaño de la organización, problemas asociados con los costos, falta de comprensión de la tecnología, problemas técnicos y de seguridad. Los beneficios percibidos de acuerdo con el análisis descriptivo, demuestran que el servicio al cliente, la productividad, la gestión de activos y la comunicación influyen en la decisión y el interés de adoptar tecnologías RFID a lo largo de los procesos de la cadena de suministro.

Por otro lado, Oluyisola et al. (2018), realizaron un estudio que evalúa y analiza la implementación de la tecnología RFID en el sector de manufactura en Europa, específicamente en una empresa de fabricación de tuberías y drenaje. La investigación refleja que existen pocos casos en el continente donde se utilicen etiquetas con el sistema por radiofrecuencia debido al costo y la incertidumbre de los beneficios esperados. Sin embargo, se entiende que una de las formas de mejorar las operaciones de manufactura, es utilizando tecnología de última generación para tener la trazabilidad y ubicación exacta de los artículos que necesitan los procesos de la organización. Por otro lado, el estudio muestra la necesidad que se tiene de alinear los objetivos estratégicos de la organización con la decisión de implementación de las etiquetas RFID en la operación, para evitar riesgos y aumentar probabilidades de éxito.

El impacto de las etiquetas RFID en la precisión del inventario en una planta de producción y ensamblaje en un proveedor de plástico para la industria automotriz es descrito por Hellström & Wiberg en 2010. La planta utiliza etiquetas RFID en sus productos con el fin de mitigar los errores que venían presentando en cuanto a cifras de almacenamiento incorrecto, intermitencia en la trazabilidad de los procesos de fabricación y ensamblaje, falta de control en tiempo real de las máquinas, y errores en los informes manuales que actualizan los sistemas de información. Los resultados del estudio después de haber analizado tres escenarios (usando actualización

manual, con código de barras, y con sistemas RFID). Los resultados del último escenario en comparación con el código de barras (tecnología actual de la compañía) muestran una mejora importante en la precisión de inventarios dentro de la planta, en la eficiencia de las actividades de producción y ensamblaje, menos cantidad de pedidos urgentes, un aumento en la rotación de inventarios, disminución de desperdicios y en el aumento de la automatización.

Algunas de las razones por la cual es difícil que las PyMEs puedan implementar nuevas tecnologías, es la carencia de recursos económicos y el que estas empresas no cuentan con el personal idóneo y con conocimientos robustos en inteligencia artificial y a que el manejo en los almacenes de materiales se basa en la experiencia de su personal (Choy et al., 2017); de acuerdo a publicación de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE (2006), una de las principales percepciones que se tiene por parte de las PyMEs en la implementación de tecnologías RFID es que “carecen de ROI”, por lo cual, aunque se tengan beneficios económicos por optimización en las operaciones, es un obstáculo por la gran inversión que debe hacerse en este tipo de sistemas.

4.3 Marco de evaluación TOE (Tecnología, organización y entorno)

Existen diferentes factores que intervienen en la decisión de implementación de tecnologías RFID en las organizaciones, a raíz de esto, se han desarrollado diferentes estudios a nivel mundial, donde analizan diferentes factores, en diferentes contextos e industrias que permiten tener un panorama de los impulsores o limitantes para la adopción de estas tecnologías en las organizaciones.

De acuerdo al marco de evaluación TOE (Tecnología, organización y entorno), uno de los más aceptados por la comunidad académica y propuesto por Tornatzky y Fleischer (Zhang et al., 2020), el cual se fundamenta en que la decisión de adopción de innovaciones tecnológicas en las organizaciones, depende de la influencia de factores tecnológicos, organizacionales y de entorno. Siendo el marco TOE, un referente de los años 90, actualmente es un muy buen punto de evaluación a nivel organizacional, ya que gracias a su simplicidad y así mismo su profundidad, permite justificar el porqué de una implementación tecnológica con base en datos organizacionales y de entorno. El marco TOE, genera modelos que sirven de guía para diferentes estudios de organizaciones que decidan invertir sus recursos en la adopción de nuevas tecnologías para la mejora de procesos.

Shi & Yang (2016), realizaron una investigación exploratoria, la cual examinó los diferentes factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID en la industria agrícola en China por medio del marco de trabajo TOE. A través de pruebas de Chi Cuadrado se probaron 12 diferentes hipótesis que incluían temas de compatibilidad tecnológica, tamaño de la organización, apoyo de la dirección, conocimiento técnico, efectividad percibida de la tecnología, etc. Los resultados del estudio, arrojaron que el costo de la tecnología es el factor que más influye en términos negativos para la adopción de tecnología RFID y que el tamaño de la organización es el factor que más tiene efectos significativos positivos para adoptar este tipo de tecnología.

Chen & Papazafeiropoulou (2012), realizaron una investigación de los factores que afectan la adopción de tecnologías RFID por parte de las PyMEs en Taiwán, en la industria de fabricación de tecnología de la información. El estudio se realizó en diferentes fases, empezando por la implementación de técnicas de análisis exploratorio con el uso de un cuestionario realizado a 65 empresas a como medio para analizar y recopilar información. El estudio encontró que los factores se pueden clasificar de acuerdo a la etapa de adopción de las empresas, teniendo así tres categorías: Adoptantes listas (que incluyen factores que probablemente llevarán a las empresas a que adopten tecnologías RFID como reducción de costos y mejoras en la gestión y eficiencia), Adoptante Iniciador (incluye los factores que atraen a las PyMEs a una posible implementación de tecnología RFID como competitividad y eficiencia de procesos), y por último el Adoptante no preparado (incluye los factores que limitan a las PyMEs en la implementación de tecnologías RFID como dificultades de administración de TI, dificultades de implementación de TI y costo de implementación).

Por otro lado, Fu et al. (2015), realizaron un estudio a la industria logística manufacturera en Taiwán, dónde se examinó de forma exhaustiva los diferentes factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID, así como los factores clave que inciden en una adopción exitosa de la misma. A través de una categorización de factores, se elaboró una estructura jerárquica integral y se utilizaron herramientas de toma de decisiones multi-criterio, para obtener la importancia (ponderación) de cada factor e identificar los factores clave y más relevantes que influyen en la adopción de RFID. Donde los factores clave resultantes, fueron la satisfacción de las demandas de los clientes, obtener información en tiempo real, mejorar la gestión de entregas, y reducción de errores operativos. Por otro lado, este estudio no tomó como referencia temas de

costos, infraestructura o posibles cambios que pueda traer en la organización la implementación de la tecnología. Por su lado, Ramanathan (2014), analizó la necesidad que tenían diferentes fabricantes, almacenes y minoristas de comunicarse entre sí de manera más eficiente en Reino Unido. A partir de una encuesta, se realizó un análisis de regresión para evaluar la relación entre una variable dependiente (adopción de RFID) con diferentes factores, probados como variables independientes. Los resultados arrojaron que el apoyo del gobierno influye de forma significativa en la adopción de la tecnología, así como la usabilidad de la tecnología; el tamaño de la empresa no es un factor relevante, que tenga influencia en la decisión de adopción de RFID.

Un estudio que analiza la adopción de sistemas RFID por medio de un modelo de regresión logística binario (Yang et al., 2011), identifica que las organizaciones con más probabilidad de adoptar tecnología por radiofrecuencia son las que ya han adoptado sistemas integrados de gestión e innovaciones de procesos, y el nivel de educación de los líderes de la alta gerencia es superior. Por su parte, Fosso et al. (2016), realizaron un estudio donde analizaron el papel de la tecnología, características organizacionales, ambientales, y de gestión de PyMEs en la implementación de tecnologías RFID a través de un modelo de regresión logística. Para probar el modelo, se realizó una encuesta a 453 PyMEs de Estados Unidos, Reino Unido, Australia e India. Los resultados arrojaron que algunos de los impulsores para adoptar RFID, se relacionan con los beneficios que proporciona, la compatibilidad de RFID con los procesos de las organizaciones, el tamaño de las empresas y el país donde se encuentran ubicadas. Este estudio también encontró que la complejidad, la presión competitiva, o características del sector industrial no fueron factores significativos dentro del modelo.

Otro estudio relevante en cuanto a la adopción de tecnologías RFID por medio del marco de trabajo TOE, es un estudio realizado a 297 empresas de construcción en Australia, donde Mabad et al. (2021), analizaron los factores organizacionales, tecnológicos y de entorno junto con la teoría de difusión de la innovación. Los resultados del estudio arrojaron que los factores que influyen gracias a un resultado estadísticamente significativo fueron las ventajas que proporciona la tecnología RFID, la compatibilidad, el costo, los beneficios esperados, el soporte de la dirección, el apoyo externo y el tamaño de la organización. Lo anterior fue comprobado por medio de un análisis de regresión, el cual permitió aceptar las 7 hipótesis mencionadas, de 12 que fueron planteadas.

De igual forma, el estudio realizado por Esau & Seymour (2019), demuestra que la industria minorista de Sudáfrica en la adopción de innovaciones y nuevas tecnologías se encuentra atrasada e insegura, lo cual se evidencia en los resultados de la investigación. De primera mano, se realizaron entrevistas donde por medio de cuestionarios se lograron analizar de forma descriptiva los datos recolectados. El estudio pudo describir los grandes desafíos que Sudáfrica tiene con la implementación de tecnologías como RFID, donde se evidenció que la falta de experiencia en la tecnología junto con la falta de participación e interés de las partes interesadas para su implementación es uno de los factores más importantes que influyen en la decisión. Al ser de los pocos estudios que se enfocan en la implementación de tecnologías RFID por medio del marco TOE en África, los autores sugieren que, para próximos pasos, se realice el estudio en otros países africanos donde opere la organización para lograr hacer contrastes y comparaciones de los resultados y así poder tomar decisiones de implementación.

En el sector de la salud, para el manejo de activos médicos e inventarios se realizó un estudio con el propósito de tener una comprensión de los facilitadores e impedimentos para la implementación de sistemas RFID mediante el marco TOE (Aboelmaged & Hashem, 2018). Para la investigación, se eligieron los factores tecnológicos, organizacionales y de entorno que pueden habilitar o impedir la adopción de la tecnología para las operaciones del sector de salud. Se utilizó un modelado estructurado de ecuaciones (SEM), que es una técnica estadística multivariante para estimar relaciones causales a partir de datos estadísticos y suposiciones cualitativas. El modelo fue soportado en 311 encuestas aplicadas en línea a gerentes, técnicos, médicos, y enfermeras que estuviesen a cargo de la gestión de activos en los hospitales en los Emiratos Árabes Unidos. Se plantearon 6 hipótesis, y los resultados arrojados demuestran que las ventajas técnicas del sistema RFID influyen de forma positiva en su adopción, la capacidad organizacional que incluye la adaptabilidad a los cambios, el aseguramiento de la infraestructura necesaria y de recursos, influirá positivamente la implementación de RFID, así como la competencia. Los limitantes para la decisión de adopción incluyen a la complejidad de la tecnología del sistema RFID y la incertidumbre de apoyo gubernamental, así como factores de entorno asociados a la seguridad y pérdida de información sensible.

La Tabla 1 resume algunos estudios relevantes de los autores mencionados anteriormente, que están basados en el marco TOE y que analizan la adopción de tecnología RFID por medio de

estudios e investigaciones exploratorias y diferentes modelos de análisis estadísticos. Estos permiten concluir qué factores a nivel tecnológico, organizacional y de entorno, influyen en la decisión de las organizaciones en adoptar este tipo de innovaciones tecnológicas, los cuales se utilizaron como soporte para estructurar y definir los factores a analizar, así como para realizar el modelo estadístico de esta investigación.

Tabla 1. Estudios previos utilizando el marco TOE y diferentes modelos estadísticos para analizar la adopción de RFID como innovación tecnológica

Autor	Factores	Modelo estadístico
Shi & Yang (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Compatibilidad tecnológica • Tamaño de la organización • Apoyo de la dirección • Conocimiento técnico, • Efectividad percibida de la tecnología • Costo de la tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación exploratoria • Prueba Chi Cuadrado
Chen & Papazafeiropoulou (2012)	Adoptantes Listas: <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de costos • Mejoras en la gestión y eficiencia • Crecimiento empresarial Adoptantes Iniciador: <ul style="list-style-type: none"> • Competitividad • Eficiencia de procesos Adoptantes no preparados: <ul style="list-style-type: none"> • Dificultades administración de TI • Dificultades implementación de TI • Costo de implementación • Conocimiento y formación del personal • Complejidad de la tecnología 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis Exploratorio • Pruebas de hipótesis
Fu, Chang, Lin, Du & Hsu (2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Satisfacción de las demandas de los clientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Jerarquía Analítica

	<ul style="list-style-type: none"> • Información en tiempo real • Mejorar la gestión de entregas • Reducción de errores operativos 	
Ramanathan (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo del gobierno • Usabilidad de la tecnología • Tamaño de la empresa 	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis exploratorio • Análisis de regresión
Yang et al., 2011	<ul style="list-style-type: none"> • Adopción previa de sistemas integrados de gestión e innovaciones de procesos • Nivel de educación de los líderes 	<ul style="list-style-type: none"> • Regresión Logística Binario
Fosso et al., 2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Beneficios que proporciona la tecnología • Compatibilidad de RFID con los procesos organizacionales • Tamaño de las organizaciones • País de ubicación • Complejidad de la tecnología • Presión competitiva • Características del sector industrial 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Regresión Logística

Fuente. Elaboración Propia

4.4 Implementación de tecnología RFID en PyMEs en Colombia

Para las PyMEs en Colombia, es un gran reto la implementación de nuevas tecnologías, las cuales deben estar acompañadas de políticas gubernamentales que les permitan avanzar en la innovación y el desarrollo de sus procesos, ofreciendo programas de capacitación, financiación, inversión, etc.; uno de los factores de mayor relevancia de estos programas en Colombia es apalancar el proceso de globalización y ampliación a mercados internacionales, las PyMEs desempeñan un papel importante dentro de la cadena pero en los mercados externos su papel no es reconocido aún (Gutiérrez et al., 2013).

Las políticas de orden nacional que apoyan la utilización de este tipo de tecnologías, se encuentran en el Plan Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación 2008-2019, el cual promueve el uso y aprovechamiento de las TIC en el sector empresarial para mejorar la

productividad y consolidar empresas más competitivas, debido a que un 25% de las pequeñas y medianas empresas utilizan TIC en los procesos productivos (Ministerio de las Tecnologías de la información y comunicaciones de Colombia, 2008), lo cual es un porcentaje bajo respecto a los beneficios e impactos que estos pueden generar para el desarrollo del país.

Adicional a la política descrita anteriormente, también se encuentra lo definido en el Decreto 705 de 2019, en el cual se reglamenta que el 15% del cupo anual de deducciones y descuentos tributarios para inversiones en proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación (I+D+i) será destinado a pequeñas y medianas empresas (PyMEs) (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2019). Lo anterior, con el fin de incentivar el desarrollo de proyectos tecnológicos en las PyMEs Colombianas, buscando dar mayor valor agregado a sus productos y ampliar su ventaja competitiva.

De forma adicional Gutiérrez & Jaramillo (2009), realizaron un estudio sobre la decisión de implementar herramientas de software para la gestión de inventarios a lo largo de la cadena de abastecimiento, presentando alternativas de software disponible en Colombia. El estudio también evidencia que las limitantes para la adopción de dichas herramientas, se ve limitada por la capacidad financiera de las organizaciones y por el desconocimiento de la oferta de software disponible en el país. De igual forma la investigación permite identificar los módulos y características de las herramientas como información general, precios y opciones de integración. Este tipo de investigaciones son muy importantes ya que permiten que las PyMEs locales puedan evaluar la implementación de diferentes softwares para apoyar las decisiones y control de inventarios, teniendo claridad del contexto organizacional y de cada necesidad identificada, teniendo en cuenta los alcances, limitaciones y beneficios de cada herramienta.

La aplicación de sistemas con tecnología RFID en la logística en Colombia, no cuenta con un gran historial de implementación en PyMEs. Esto puede deberse a diferentes variables como los costos de implementación, falta de capacitación, resistencia al cambio. Sin embargo, se tomarán como referencia estudios y casos encontrados para analizar el panorama de la aplicación de la tecnología RFID en el país.

Sin embargo, en una investigación realizada por Espinal et al. (2010), donde se muestran aplicaciones significativas de los sistemas de identificación por radiofrecuencia (RFID) y códigos

de barras en las cadenas de suministro. El objetivo de esta investigación es motivar a las PyMEs colombianas para que conozcan las tecnologías y sus beneficios. La investigación sugiere diseñar e implementar sistemas híbridos, que incluyan códigos de barras y sistemas RFID en los procesos logísticos de cadenas de suministro las PyMEs para hacer pilotos en Colombia. Lo anterior, gracias a que el desconocimiento de la tecnología y su costo en el país representan las limitantes más grandes para que las organizaciones se atrevan a adoptar este tipo de tecnologías.

En el caso de Frigorífico Guadalupe, negocio de ganado bovino y porcino, fue la primera compañía en Colombia en identificar ganado con RFID/EPC, con el fin de establecer un modelo de trazabilidad, aumentando las eficiencias de la operación y generando servicios de valor agregado a los clientes. Según la RFID Magazine (2010), se lograron reducir los tiempos de inventarios en corrales hasta un 75%, y en un 29% los procesos de recepción, marcación, pesaje y asignación de corral, debido a que, en los procesos de las ferias ganaderas, la información se registraba directamente en el sistema de información y no en la piel de los animales, como solía hacerse tiempo atrás.

Otro caso de implementación exitosa fue realizado por el Grupo Éxito, el cual mediante una prueba piloto realizada en una de sus tiendas electrónicas identificó todos sus productos por medio de etiquetas RFID, buscando mejorar la trazabilidad de los mismos, arrojando resultados importantes en los indicadores tales como reducción en los costos de manejo de inventario en 93%, confiabilidad en el centro de despacho del Cedis en un 100% (Correa et al., 2010).

Por otro lado, el SENA en el 2006, realizó un estudio en donde participaron 88 empresas de las cuales el 65% eran PyMEs (24 pequeñas y 34 medianas empresas) con el objetivo de hacer una caracterización de la logística en el país. Correa, Álvarez y Gómez (2010), afirmaron que el nivel de implementación de sistemas de codificado e identificación en los procesos logísticos es considerado bajo, incluso conociendo los beneficios que generan en la simplificación de procesos y actividades sobre las cadenas de abastecimiento.

En el estudio, se demostró que solo un 56,82% de la muestra tenían implementado un sistema de codificación. Por otro lado, el 39,79% de los casos evaluados, implementaron un sistema de identificación por medio de RFID y *“dentro de este porcentaje, un 22% está interesado en*

utilizarlo con el estándar internacional del sistema de identificación único de producto (EPC). Estas cifras indican el gran potencial de utilización que tiene el país” (Correa et al., 2010, p, 20). Otro de los aspectos que se identificó es que actualmente no existe un porcentaje grande de personal capacitado en la administración eficiente de los inventarios. Arguello & Fragoso (2015), aseguran que el 25,28% es el promedio de empleados con nivel profesional, y el 34,75% es el porcentaje promedio de empleados con nivel técnico o tecnólogo, lo cual, influye directamente no poder implementar modelos que optimicen el proceso de administración de inventarios en PyMEs de manera más ágil.

Existen también PyMEs, que han implementado pruebas piloto de RFID. Uno de esos casos es el de Crystal Vestimundo, una empresa minorista de la ciudad de Medellín que produce y comercializa prendas de vestir y quería determinar si con la implementación de los sistemas RFID se podrían reducir costos de mano de obra, al mismo tiempo que se mejoraba la precisión de envíos e inventarios (RFID Journal, 2011). Al final de la prueba obtuvieron resultados beneficiosos, como la mejora sustancial en los tiempos de procesos, costos y operarios requeridos, pues, pasaron de tomarse 24 minutos de recepción de una caja con 150 prendas de vestir a tomarse menos de 4 minutos. De igual forma hubo un cambio drástico en la organización que consistió en realizar el inventario de 20.000 artículos únicamente utilizando el sistema, en vez de que lo hicieran 15 empleados en un turno nocturno de 8 horas.

Para Trujillo y Calderón (2014), algunas de las razones del porqué las pequeñas y medianas empresas de Colombia no han implementado la tecnología RFID pueden estar relacionadas con la falta de conocimiento o una metodología guía, ausencia de estudios que demuestren viabilidad del uso de las etiquetas con la tecnología y el retorno de la inversión que genera. Además de los altos costos que representa su implementación, el bajo desarrollo de la organización logística y *“ausencia de metodologías científicas o empresariales que describan sus beneficios e impactos económicos y operativos de su implementación a nivel interno y en la cadena de suministro”* (Correa et al., 2010, p, 21).

El avance de las tecnologías obliga a las organizaciones a competir en un entorno complejo y dinámico. Actualmente existe una competencia cada vez mayor entre organizaciones, a pesar del tamaño y el tipo. Es por esto que, para las PyMEs mejorar de forma constante los tiempos de respuesta, tiempos de entrega, calidad, y costos respecto a la competencia (Qalati et al., 2021),



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

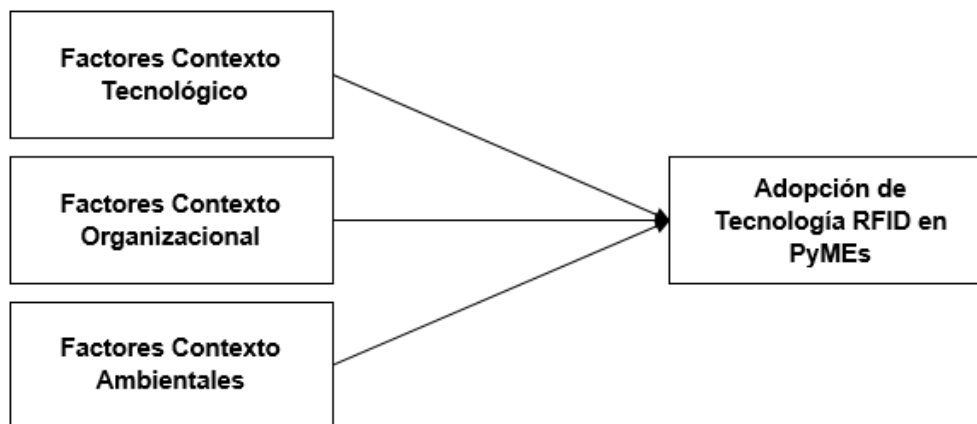
se convierte en casi una obligación. Para lograr este propósito se deben renovar los procesos e invertir en nuevas tecnologías que apalanquen a la organización y la fortalezcan dentro del mercado competitivo.

5. Hipótesis

En el siguiente apartado se plantearon 11 hipótesis de acuerdo con el marco de trabajo TOE. Las siguientes hipótesis fueron planteadas para poder responder a la pregunta de investigación basada en la revisión de la literatura, y soportadas por medio de los autores referentes escogidos para esta investigación. Las hipótesis por cada contexto, buscan conocer cuáles son los factores que influyen en las organizaciones para la implementación de tecnologías con sistemas RFID que puedan solucionar problemas en la administración de inventarios. Las hipótesis planteadas serán comprobadas por el modelo de regresión logística binario que se desarrollará más adelante con el cual de acuerdo a un nivel de significancia (p valor), se rechazarán o aceptarán de acuerdo a los resultados que brinde el modelo.

La figura 3 muestra que, para lograr el objeto de estudio, se establecieron los tres contextos de los factores, los cuales van alineados con la teoría mencionada del marco TOE mencionada.

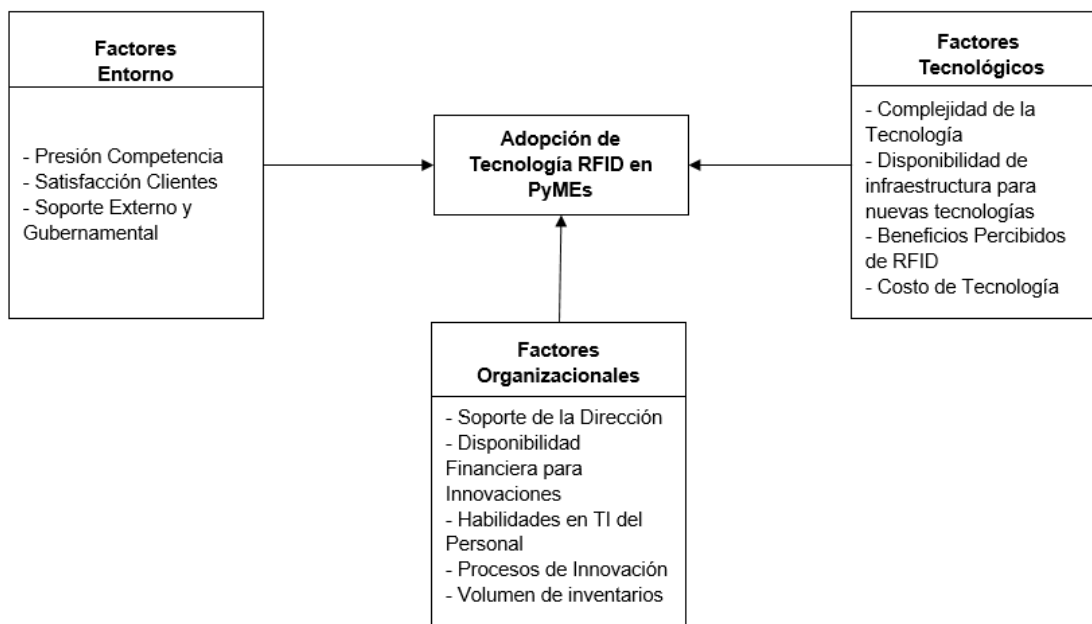
Figura 3. Factores enfoque de Investigación



Fuente. Elaboración propia

De igual forma, la figura 4 describe los factores que se utilizaron dentro de cada grupo los cuales van a ser descritos, antes de la formulación de cada hipótesis para brindar un mayor entendimiento de las hipótesis formuladas con las cuales se orientó la investigación.

Figura 4. Detalle de Factor Entorno, Factor Tecnológico y Factor Organizacional



Fuente. Elaboración Propia

A continuación, se presentan las hipótesis planteadas por factor:

Hipótesis por factor:

Contexto tecnológico

Costo de Tecnología RFID: Los costos asociados a la adopción de tecnologías incluyen los costos de las instalaciones de hardware (incluidas las etiquetas RFID / EPC, lectores, sensores, middleware y servidores), los costos de implementación, integración, operación y mantenimiento del sistema (Shi & Yan, 2016). La hipótesis que se plantea es la siguiente:

Hipótesis No. 1: El costo de la tecnología RFID influye de forma negativa en su implementación

Complejidad tecnológica: La complejidad se refiere al grado en que una innovación se puede entender y usar. Por lo general, la complejidad se asocia negativamente con la adopción, es decir, que puede ser un impedimento para una implementación exitosa independientemente de los beneficios que otorgue la tecnología (Aziz & Wahid, 2020). En este contexto, cuando a la organización le parece complejo la adopción de una tecnología, los directivos o los niveles altos

de una organización determinan abandonar su implementación. De acuerdo con este contexto, la primera hipótesis planteada es la siguiente:

Hipótesis No. 2: La complejidad tecnológica influye de forma negativa en la adopción de tecnologías RFID.

Disponibilidad de Infraestructura Tecnológica y Compatibilidad: En muchas ocasiones las tecnologías por más beneficios que puedan ofrecen, no son soportadas por las organizaciones. Es decir, así se tenga la intención de adoptar una nueva tecnología, en muchos casos se necesita una inversión adicional en la infraestructura tecnológica que permita integrar la información con otros sistemas. En este orden de ideas, la hipótesis planteada es la siguiente:

Hipótesis No. 3: La disponibilidad de infraestructura tecnológica y su compatibilidad influye de forma negativa en la adopción de tecnologías RFID

Beneficios percibidos de RFID: Los beneficios y la efectividad percibida directa e indirecta de la tecnología RFID, y en general de cualquier innovación se conoce como un predictor en la decisión de adoptarla. Los beneficios en la mayoría de los casos se relacionan con lograr visibilizar la cadena de suministro, ahorrar tiempos, optimizar procesos, reducir, mejorar los niveles de eficiencia empresarial, etc. En este orden de ideas, la hipótesis que se plantea es:

Hipótesis No. 4: Los beneficios percibidos de la tecnología RFID influye de forma positiva en su adopción

Contexto Organizacional:

Soporte de la Dirección y Alta Gerencia: El apoyo de la dirección y alta gerencia es fundamental para respaldar los cambios organizacionales, ya que estos generarán impacto en los procesos incluso en la cultura actual de la compañía. El soporte gerencial es fundamental para la gestión y el uso óptimo de los recursos de TI en las organizaciones (Jang, 2010), de igual forma es el vehículo que permite tomar decisiones y tener planes de acción ante cualquier eventualidad en la implementación de una innovación, sistema o tecnología. Se propone la siguiente hipótesis de estudio:

Hipótesis No.5: El soporte de la dirección y alta gerencia tiene un efecto positivo en la implementación de tecnología RFID

Disponibilidad Financiera para Innovaciones: La disponibilidad financiera de las organizaciones para innovaciones y nuevas tecnologías en muchos casos es reducida, los recursos se utilizan para cubrir otras necesidades. Sin embargo, debe existir una planeación y disponibilidad de los recursos que permitan hacer mejoras en la compañía en pro de un crecimiento y cumplimiento de objetivos organizacionales. A partir de esto se crea la hipótesis:

Hipótesis No.6: La disponibilidad financiera de las organizaciones para temas de innovación tiene un efecto positivo en la implementación de tecnología RFID.

Habilidades del Personal en TI: Las habilidades en TI del personal, corresponden a los conocimientos adquiridos y que se implementan día a día en los procesos de las organizaciones de acuerdo a las herramientas tecnológicas que sean de su propiedad , permite el desarrollo Cuando han adquirido los conocimientos y habilidades relevantes correspondientes a una nueva forma de tecnología, las empresas pueden evaluar de manera efectiva los factores que influyen en la adopción de esta nueva tecnología, incluyendo ventajas, desventajas, costos, etc. Por lo tanto, se propone la siguiente hipótesis:

Hipótesis No.7: Las habilidades en tecnologías digitales del personal a cargo de los procesos tienen un efecto negativo en la implementación de tecnología RFID.

Innovación: La mayoría de las PyMEs no tienen programas estructurados de mejoramiento y/o proyectos de innovación tecnológica que puedan soportar las estrategias de desarrollo de la competitividad de las organizaciones. La innovación permite generar ventajas competitivas y de igual forma, la implementación de nuevas tecnologías permite mejorar la productividad, y la calidad de los procesos. Las organizaciones que son capaces de implementar innovaciones y nuevas técnicas que permitan hacer las cosas de forma distinta serán cada vez más exitosas en el mercado (Córdoba, 2015).

Hipótesis No.8: La innovación de procesos e inclusión de nuevas tecnologías de las organizaciones tiene un efecto positivo en la implementación de la tecnología RFID.

Volumen Inventarios: El volumen de inventarios y la gama de productos que tienen las organizaciones exigen que se tenga un control y una administración de los mismos ordenada y que brinde información confiable y precisa. Los sistemas de información y las tecnologías cumplen aquí un papel fundamental en las organizaciones para tener visibilidad de lo que se tiene y se necesita, para satisfacer la demanda de los clientes. Lo anterior, establece la siguiente hipótesis:

Hipótesis No.9: El volumen de inventarios que manejan las organizaciones tiene un efecto positivo en la implementación de la tecnología RFID.

Contexto Entorno:

Satisfacción Clientes: Las organizaciones de forma permanente deben poder satisfacer las expectativas y demandas de los clientes a tiempo. En muchos casos existen contratos y convenios con clientes importantes continuamente, pero no se deben descuidar los clientes nuevos, e incluso los que no compran en grandes cantidades. Cabe mencionar que el cliente y consumidor final es quien debe quedar satisfecho con el producto recibido, y tener un soporte en la tecnología permite este propósito. La hipótesis de esta investigación creada para esto es la siguiente:

Hipótesis No.10: El objetivo de satisfacer a los clientes no impulsa la adopción de tecnología RFID.

Soporte Externo Gobierno: Las políticas, ayudas e incentivos que el gobierno colombiano tiene o debería tener en su plan de desarrollo, deberían promover la adopción de innovaciones y tecnologías para el crecimiento económico de las PyMEs.

Hipótesis No.11: El apoyo del gobierno y la inclusión en programas tecnológicos tiene un efecto positivo en la implementación de tecnología RFID.

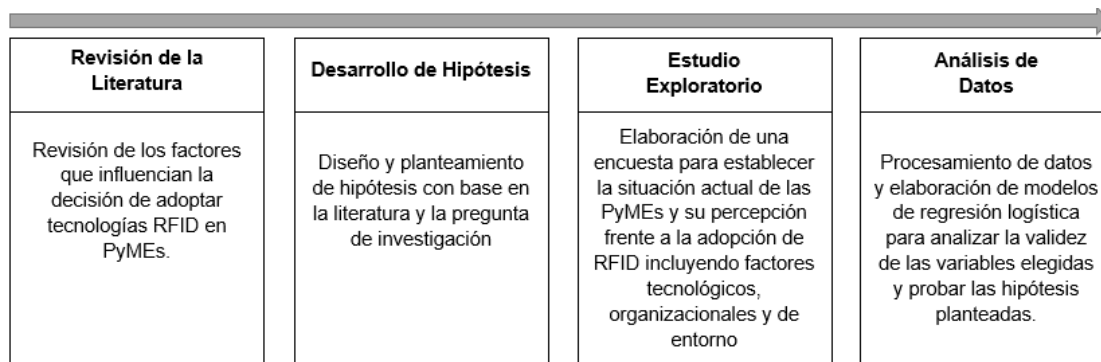
6. Metodología

A continuación, se presentarán las etapas que se utilizaron en la metodología para el desarrollo de la investigación, por medio de la descripción de cada una y la definición de actividades importantes para lograr los objetivos propuestos.

La figura 5 representa un esquema de la metodología utilizada para el desarrollo de esta investigación la cual consistió en 4 puntos clave:

- Revisión de la literatura para revisar el estado del arte, es decir se seleccionaron los factores que, de acuerdo a diferentes autores, han influido en la adopción de estas tecnologías digitales para la solución de problemas en la gestión de inventarios por medio de estrategias de decisión enfocadas en el marco TOE.
- El segundo punto consiste en el planteamiento y desarrollo de hipótesis para responder la pregunta de investigación y para abordar los objetivos que se tenían planteados.
- El tercer punto, se refiere al diseño de una encuesta con todos los lineamientos y validaciones necesarias para obtener información relevante.
- Por último, el cuarto momento es el procesamiento de datos, análisis y desarrollo de las iteraciones del modelo de regresión logística binario, para probar las hipótesis y responder los interrogantes del estudio.
-

Figura 5. Metodología utilizada



Fuente. Elaboración propia

En el apartado de trabajo de campo, se desarrollarán las etapas 3 y 4, ya que las dos primeras fueron realizadas de forma previa, para poder tener un soporte teórico que permitiera plantear los desafíos que serán corroborados con datos, información recolectada y los modelos matemáticos dispuestos para este fin.

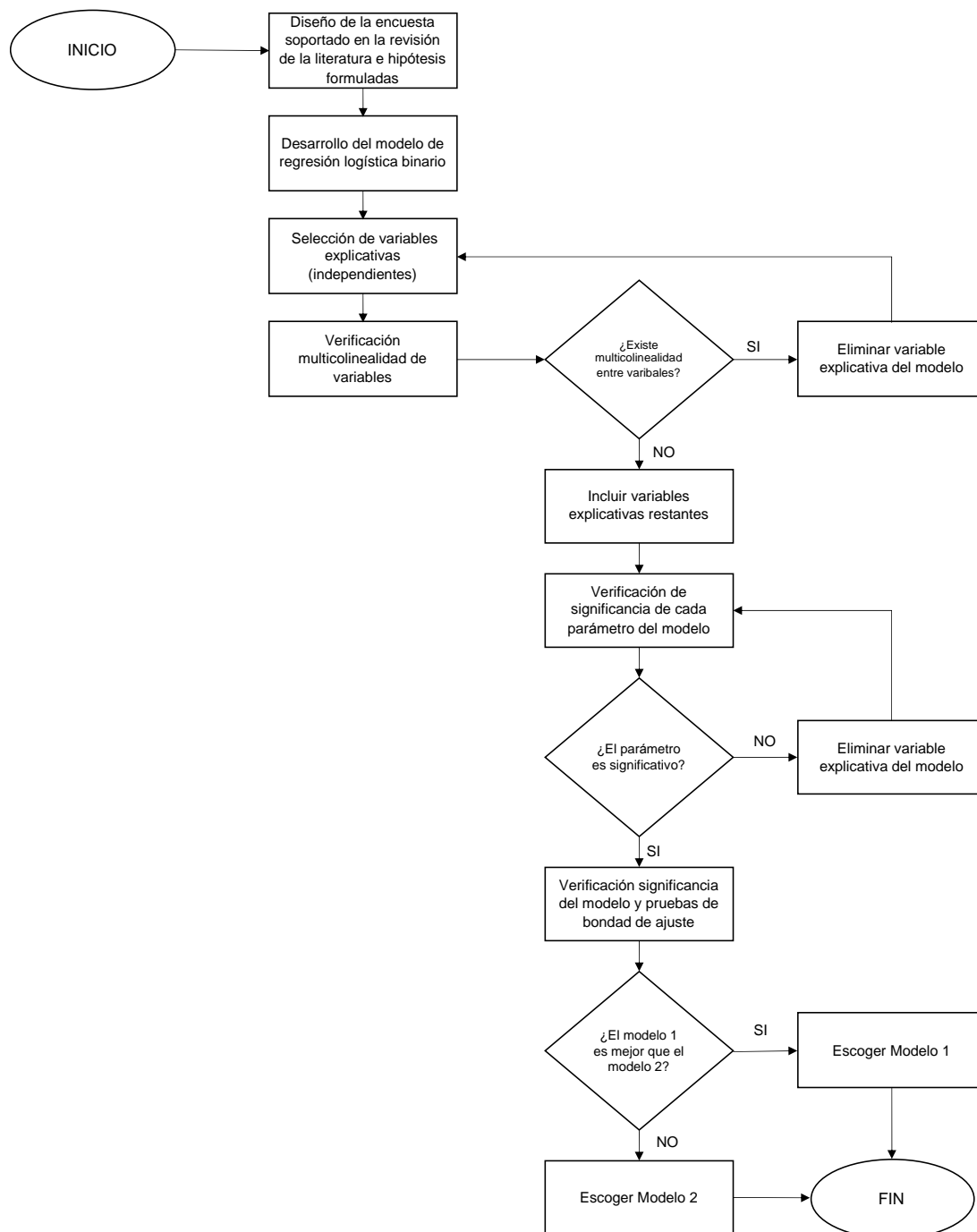
Para lo anterior, en la figura 6, se evidencia el proceso de diseño utilizado en la etapa 4 de análisis de datos, para obtener el modelo de regresión logística binario final, el cual fue construido teniendo coherencia con el análisis de datos de la encuesta previamente realizado, es decir que los resultados finales representaran las proporciones de mercado observadas en la muestra de organizaciones encuestadas e incluyera las variables identificadas como relevantes en el análisis descriptivo previo realizado.

La especificación de los distintos modelos, antes de llegar al modelo final, se definió sumando o restando variables, es decir, cada modelo estimado difería en el número de variables. En el modelo se fijó la constante específica, de la variable dependiente, la cual indica la decisión de una posible adopción de tecnología RFID, la cual será descrita más adelante.

La modelación inició con la especificación más compleja posible, es decir incluyendo todas las variables. Luego se fueron filtrando las variables, de acuerdo a la multicolinealidad entre las mismas, la bondad de ajuste del modelo, la significancia de los parámetros, y los signos encontrados. Cada vez que se estimaba un nuevo modelo, se verificaba la significancia de cada parámetro y la bondad de ajuste del modelo final. Lo anterior permitirá escoger el modelo que con su estructura y resultados ofreciera mayor confiabilidad y mayor grado de acoplamiento entre los datos obtenidos a través de la encuesta y los valores finales arrojados por el modelo.

El proceso para obtener el modelo más adecuado se ilustra en la figura 6 y podrá verse reflejado en el trabajo de campo paso a paso, donde se muestran los resultados de las pruebas de ajuste del modelo y de cada variable dentro de los resultados de la regresión.

Figura 6. Proceso de Diseño del Modelo de Regresión Final



Fuente. Elaboración propia

6.1 Enfoque de la Investigación

La investigación del presente documento se soporta en el estudio de las PyMEs locales colombianas dentro del sector de manufactura de bienes. De igual forma este estudio tiene un enfoque mixto, cuantitativa por observación directa mediante la investigación de literatura existente y cualitativa recolectando y analizando los de datos obtenidos de la investigación en la gestión de los inventarios de las PyMEs de manufactura bogotanas, para realizar un análisis y así descubrir cuáles son los factores que influyen en la implementación de etiquetas RFID como una alternativa tecnológica digital en las mismas.

Como se mencionó a lo largo del documento, se eligió el sector de manufactura debido a que de acuerdo con la literatura revisada, tiene grandes oportunidades de investigación ya que no existen muchos estudios o cifras que permitan que el sector pueda tener referentes para crear planes de acción que propicien un desarrollo amplio dentro de la economía colombiana. De igual forma, el desconocimiento y la falta de compromiso frente a los requerimientos del mercado global y competitivo, que pueda potenciar la industria en la competitividad internacional (Maldonado & Portilla, 2020).

6.2 Alcance de la investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo, este tipo de estudios “Tiene como finalidad especificar propiedades y características de conceptos, fenómenos, variables o hechos en un contexto determinado” (Hernández & Mendoza, 2018), en este documento buscamos diagnosticar o caracterizar las diferentes situaciones que influyen en la implementación de soluciones tecnológicas RFID para el control de inventarios en compañías maquiladoras de bienes.

7. Trabajo de Campo

Para lograr los objetivos propuestos se diseñó una encuesta dividida en tres factores de acuerdo con la teoría TOE:

- Factores de contexto tecnológico
- Factores de contexto organizacional
- Factores de contexto entorno

Cada factor mencionado anteriormente, contiene una serie de preguntas que permite ahondar en cada uno respectivamente, para la obtención de información relevantes de diferentes PyMEs bogotanas del sector de manufactura.

Para cumplir con el objetivo del diseño y elaboración de la encuesta, el procedimiento realizado se hizo con base en la guía “Standards and Guidelines for Statical Surveys” (OMB, 2006) .Esta guía que permitió definir la forma de abordar la población objetivo, diseñar el plan de muestreo y de qué manera se realizaría la recolección de datos. Adicionalmente, la norma expone la importancia de la opinión, satisfacción y medición de preferencias de los encuestados para el éxito del diseño, de acuerdo a un flujo de preguntas claro y ordenado.

Por otro lado, siguiendo los “Lineamientos para documentar la metodología de operaciones estadísticas, censos y encuestas por muestreo” (DANE, 2014), se diseñó el conjunto de procesos y actividades que permitieron el desarrollo y aplicación del cuestionario. Lo anterior, se alineaba con la norma internacional mencionada, logrando el propósito requerido. Finalmente, los factores seleccionados fueron principalmente los sugeridos por la bibliografía previamente investigada, organizando las preguntas de forma que se pudiera obtener la información de forma desagregada, pero a la vez simple para la empresa encuestada.

7.1 Población y muestra

La población para esta investigación son las PyMEs de Bogotá del sector de manufactura. Es importante tener en cuenta que en Bogotá existen 5.114 PyMEs en el sector de manufactura, de las cuales 4060 son pequeñas empresas y 1054 empresas medianas (Cámara de Comercio de Bogotá, 2020).

Para el cálculo de la muestra, se utilizó la fórmula que calcula la muestra de una población finita como se muestra a continuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la población o Universo

Z = Parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado o nivel de precisión

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q = (1 - p)$ = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

De acuerdo con estos parámetros el tamaño de muestra calculado es el siguiente:

$$n = \frac{5114 * 1.645_{0.1}^2 * 0.5 * 0.5}{0.1^2 * (5114 - 1) + 1.645_{0.1}^2 * 0.5 * 0.5} = 67$$

Es necesario mencionar que para que una investigación sea sólida el error muestral o nivel de precisión aceptable debe ser lo más pequeño posible, un nivel deseado es lograr niveles de 2% máximo 3%. Sin embargo, y por temas de facilidad de acceso a las poblaciones, o depende de la naturaleza del fenómeno estudiado, no siempre se puede alcanzar este margen. El nivel de precisión requerido depende de la finalidad del estudio, es decir, “*deberá guardar relación con la importancia del fenómeno que se desee estudiar*” (Rodríguez et al., 1991).

Lo anterior, permite establecer que no existe un tamaño que sea ideal para todos los estudios, esto quiere decir, de acuerdo con las características del muestreo, los objetivos de cada estudio, las condiciones que se vayan a tener para poder obtener la información, tendrán mucho que ver con el error muestral o nivel de precisión aceptado. Es claro, que cuanto más sea grande la muestra, las estimaciones podrán ser más precisas y con menos riesgos de error, sin embargo, en la mayoría de estudio estadísticos no se acepta un error mayor al 10% (Manzano, 2015). En esta investigación, el acceso a las PyMEs y la tasa de respuesta fue muy baja, aun teniendo

seguimiento y contactos para que dieran el soporte necesario para realizar la encuesta definida, por esto se utilizó el error máximo de acuerdo con la literatura consultada.

Para lograr alcanzar la muestra que resultó del cálculo de la ecuación, la encuesta se envió por correo electrónico durante un periodo de 3 meses haciendo seguimiento regular a las personas con las que se tenía el contacto para cada empresa. La encuesta fue enviada a 350 organizaciones por medio de *Google Forms*, sin embargo, el total de encuestas respondidas fueron 55. Teniendo así, una tasa efectiva de respuesta de 15.7% lo cual es típico de las encuestas que se envían por correo electrónico, ya que, según diferentes estudios, la tasa de respuestas de encuestas de este tipo es usualmente menor al 10% (dependiendo fundamentalmente del tipo de muestra elegida y la población target) (Rocco & Oliari, 2007).

7.2 Estructura del diseño de la Encuesta:

Se realizó una encuesta (Anexo 1. Encuesta) compuesta por 32 preguntas cerradas y abiertas buscando indagar en el proceso de administración de inventarios de las PyMEs objeto de estudio, con el fin de generar la información suficiente que nos permitiera identificar las principales variables o causas del porque las PyMEs de manufactura de Bogotá, podrían optar o no por la implementación de tecnología RFID para la administración de sus inventarios y así dar respuesta a nuestra pregunta de investigación.

Las primeras 19 preguntas de la encuesta diseñada (Tabla 2) permiten realizar un diagnóstico de la situación actual de las organizaciones encuestadas en cuanto a la forma en la que manejan sus procesos de control y gestión de los inventarios. Estos resultados junto a los que el modelo estadístico propuesto para esta investigación, permitirán tener insumos e información necesaria para entender por qué las PyMEs en Colombia deciden implementar o no tecnologías RFID como solución y estrategia de control de inventarios.

Tabla 2. Preguntas Diagnóstico de la Encuesta

Nro.	Descripción
P1	¿Se tienen procedimientos establecidos para la administración de inventarios donde se encuentren definidas las actividades de recepción, registro, control y responsabilidades sobre el mismo?

P2	¿Se tienen indicadores definidos para medir los resultados del área responsable del control de los inventarios?
P3	¿Considera que el personal a cargo de la administración de inventarios tiene el suficiente conocimiento y experiencia para el rol necesario en este campo?
P4	¿Seleccione cuál de las siguientes técnicas de gestión de inventarios maneja la empresa?
P5	¿En qué parte de su proceso productivo considera que hay más oportunidad de implementar una solución tecnológica para el control de sus inventarios?
P6	¿Con qué periodicidad se hacen registros y controles del inventario?
P7	¿Existe un área o rol dentro de la empresa responsable de la administración de inventarios?
P8	¿Existen políticas de inventario?
P9	¿Se realiza medición de la exactitud en el registro de los inventarios (ERI)?
P10	¿La empresa comprende la importancia de invertir en tecnologías que apoyen el proceso de inventarios, ya que la pérdida de los mismos ocasiona altas pérdidas económicas?
P11	¿Qué tipo de sistemas utiliza la organización para el control de inventarios?
P12	¿Qué tipo de identificación utiliza la organización para el control de inventarios?
P13	¿Considera que el sistema de información actual para la administración de los inventarios es eficiente para el control de los mismos y para los niveles de servicio requeridos por las diferentes áreas de la organización?
P14	¿En los últimos dos años su empresa ha realizado innovaciones en términos de gestión de inventarios?
P15	Si su respuesta es negativa en la pregunta anterior, ¿Por qué motivos su organización no ha introducido este tipo de innovaciones?
P16	¿Qué nivel de conocimiento tiene usted sobre la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia - RFID?
P17	¿En su empresa los empleados han tenido capacitaciones con respecto a tecnologías digitales, tecnologías de la Revolución 0 o diferentes innovaciones que puedan aportarles a sus actividades diarias?
P18	¿Tiene la empresa presupuesto destinado a inversión en tecnología para soportar los procesos de la cadena de abastecimiento, específicamente el de control de inventarios?
P19	¿Cuál (es) de los siguientes problemas ha tenido su organización debido a un deficiente manejo en la administración y control de inventarios? Marque una o varias respuestas

Fuente. Elaboración propia

Para la aplicación de las siguientes 13 preguntas realizamos una contextualización a las PyMEs encuestadas sobre la tecnología RFID, dentro de los beneficios obtenidos se encuentran; la gran capacidad de almacenamiento de datos, visibilidad en tiempo real de la disponibilidad de los inventarios, facilidad en el rastreo, rapidez en la captura de la información, disminución de errores en toma de inventarios ocasionados por ser un proceso manual, mayor precisión de la información, supervisión de procesos de fábrica en línea, eficiencia operacional permitiendo identificar cuellos de botella; al igual que se presentaron los beneficios que puede traer para sus empresas la implementación de la tecnología RFID.

También se identificaron dentro de los conceptos abordados y su nivel de relevancia las principales desventajas en el uso de esta tecnología, se encuentran los que presentamos a continuación entre otros, el alto costo de la tecnología, las lecturas falsas producto de la desviación de las ondas de radio, el contar con la capacidad adecuada para la lectura de forma correcta de la información, tener una infraestructura robusta (hardware y software) necesario para la lectura de la información (Liukkonen, 2015).

Las siguientes 13 preguntas (Tabla 3), fueron estructuradas de acuerdo al marco TOE, el cual es la base de la investigación. Como se ha mencionado a lo largo del documento, se establecieron 3 factores clave: Tecnológico, Organizacional y Entorno. De esta manera las preguntas desarrolladas para obtener información frente a estos tres factores fueron estructuradas para lograr identificar claramente que aspectos influirían en la decisión de implementar tecnología RFID en las empresas objeto de este estudio.

Tabla 3. Preguntas por contexto de la Encuesta

Nro.	Descripción	Contexto
P21	¿Piensa que la disponibilidad de infraestructura en su empresa es limitante para la implementación de la tecnología RFID?	Tecnológico
P30	¿Las dificultades que se presenten en la adopción de una nueva tecnología disminuiría la posible implementación de la tecnología RFID?	
P23	¿Los beneficios percibidos de la tecnología RFID influenciarían directamente en la implementación de la tecnología RFID?	

P24	¿El costo de la tecnología RFID frente a otros sistemas para el control de inventarios reduciría la posibilidad de la implementación de la tecnología RFID?	
P22	¿Considera que la disponibilidad de los recursos financieros de su empresa es decisiva en la implementación de la tecnología RFID?	Organizacional
P25	¿Las habilidades y el conocimiento del personal tendrían un efecto positivo en la implementación de tecnologías RFID?	
P20	¿Influiría de forma positiva el apoyo de la gerencia de su empresa en la implementación de la tecnología RFID?	
P27	¿La falta de innovación e Implementación constante de nuevas Tecnologías en los procesos es determinante para la implementación de la tecnología RFID?	
P28	¿La cantidad de volumen de inventarios favorecería la implementación de la tecnología RFID?	
P26	¿Considera que puede aumentar el valor y la satisfacción de sus clientes innovando en tecnología con la implementación de la tecnología RFID?	Entorno
P29	¿El apoyo del gobierno y los diferentes incentivos que existen actualmente para el desarrollo de TIC's en las Pymes aumentaría la probabilidad de la implementación de la tecnología RFID?	
P31	¿El que la competencia de su sector este a la vanguardia en los procesos tecnológicos, lo motivaría en la implementación de la tecnología RFID?	
P32	¿Estaría la empresa dispuesta a invertir en un sistema de identificación por RFID para mejorar y optimizar el proceso de administración de inventarios?	NA

Fuente. Elaboración propia

La encuesta diseñada tiene 24 preguntas planteadas con la calificación en escala Likert como se evidencia en el Anexo 1. Encuesta, la tabla 4 muestra la escala de calificación que se utilizó en cada pregunta.

Este método de calificación permite obtener las respuestas del individuo, en este caso de cada PyME, determinando si su posición es favorable o desfavorable frente al fenómeno de estudio (Fabila Echaury et al., 2013).

Tabla 4. Descripción Escala Likert

Escala	Descripción
1	Totalmente en desacuerdo
2	En desacuerdo
3	Ni desacuerdo ni en desacuerdo
4	De acuerdo
5	Totalmente de Acuerdo

Fuente. Elaboración propia

Las 8 preguntas restantes se plantearon como preguntas cerradas bajo la calificación de selección múltiple con única respuesta o selección múltiple con múltiple respuesta, con el fin de obtener información puntual de temas específicos en el proceso de administración de inventarios. Para la validación de la encuesta se toma en consideración el juicio de 3 expertos, de los que pedimos evaluaran de forma cualitativa: la calidad en la redacción de los ítems, pertinencia y formulación de las preguntas realizadas y factibilidad de la aplicación a la población determinada.

7.3 Confiabilidad del Instrumento – Encuesta

Medir la fiabilidad del instrumento aplicado es importante ya que permite determinar la exactitud y veracidad de los datos recopilados en el instrumento aplicado en la investigación. Para el caso de estudio se calculará el alfa de cronbach a las preguntas de la encuesta con escala Likert, para determinar el nivel de fiabilidad de la misma. El alfa de cronbach es uno de los coeficientes más usados y sencillos para medir la consistencia interna de un instrumento, *“Evalúa la magnitud en que los ítems de un instrumento están correlacionados”* (Celina & Campos, 2016, p.575).

Para medir la confiabilidad del instrumento se calculó el alfa de cronbach por medio del programa SPSS, la cual es calculada por medio de la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right]$$

Donde:

α = Alfa de Cronbach

K = Número de Items

V_t = Varianza de cada ítem

V_i = Varianza del total

La tabla 5 muestra la interpretación que debe darse al resultado del alfa de cronbach obtenido con la formula anterior. De acuerdo con el resultado se obtiene una fiabilidad de la encuesta o el instrumento analizado. Se sugiere que el resultado del alfa de cronbach esté por encima de 0.7 para que el instrumento o encuesta sea aceptable y válido para continuar con el estudio y objetivos de la investigación.

Tabla 5. Fiabilidad Alfa Cronbach

Valor obtenido	Fiabilidad
<0.5	Inaceptable
=0.5	Pobre
>0.6	Cuestionable
>0.7	Aceptable
>0.8	Bueno

Fuente. Elaboración propia

En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos de la validación de fiabilidad que se aplicó a los 24 elementos de la encuesta mencionados, para las cuales el método de medición se plantea según escala de Likert.

Tabla 6 Resultado Alfa de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N° de elementos
0.718	24

Fuente. Elaboración propia

De acuerdo a la escala definida podemos inferir que se tiene una consistencia interna aceptable de la encuesta diseñada cercana al 72%.

Con las ocho preguntas restantes que no están medidas bajo escala Likert se pretende obtener información para lograr tener un diagnóstico más completo de la situación de las PyMEs, entendiendo su contexto real en cuanto a la implementación de nuevas tecnologías para el control y administración de inventarios y así responder al interrogante planteado en este documento.

Definición de variables:

De acuerdo con las preguntas definidas en la tabla 2 y la tabla 3, se definieron las variables que soportarán el análisis planteado, y permitirán la elaboración del modelo de regresión logística, el cual es uno de los objetivos principales de la investigación. A continuación, se muestran las variables definidas:

Variables Diagnóstico Actual:

La tabla 7, incluye las variables por pregunta con su descripción correspondiente. Cabe mencionar que algunas de ellas son las percepciones que tuvieron las personas encuestadas, las cuales tienen un valor definido de acuerdo con la escala Likert definida.

Las variables restantes tienen un valor cualitativo, de acuerdo con la respuesta dada en la pregunta asociada de la encuesta del Anexo 1. Encuesta.

Por otro lado, a continuación, se presenta la caracterización de las variables de acuerdo con su escala de medición, la cual es necesaria para el procesamiento de datos en el software estadístico SPSS:

- Escala nominal: Es una escala que no admite un criterio de orden y permite identificar un atributo o nombre del elemento medido, en algunos casos se utiliza números y se hace para nombrar los elementos Ejemplo: Femenino (1) y Masculino (2).
- Escala ordinal: Es una escala no numérica que también asigna un nombre al elemento medido y además existe un orden entre los elementos. Ejemplo: 1. Totalmente de acuerdo, 2. De acuerdo, 3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo, 4. En desacuerdo, 5. Totalmente en desacuerdo.

Cabe mencionar que de acuerdo con la estructura de las respuestas posibles de la encuesta diseñada, cada pregunta a la cual se le asocia su variable correspondiente debe ser configurada con las escalas mencionadas anteriormente para que se puedan incluir en el modelo estadístico deseado.

Tabla 7. Descripción de variables Diagnóstico Actual

Pregunta	Variable	Descripción
P1	Procedimientos_Act_	Percepción de los procedimientos actuales de la organización para el control de inventarios
P2	Medición_Indicadores_Act_	Percepción de la definición de indicadores para el área responsable de control de inventarios
P3	Conocimiento_Personal_Act_	Percepción del conocimiento del personal existente en administración de inventarios
P4	Técnicas_Act_	Técnicas de gestión de inventarios actuales: Análisis ABC, Método EOQ, Método PEPS, VMI, Conteo Cíclico, Ninguno, Otro.
P5	Oportunidades_Act_	Oportunidades de la administración de inventarios en procesos actuales: Recepción, Almacenamiento, Producción, Distribución, Todos los procesos
P6	Periodicidad_Registros_Act_	Periodicidad de los registros y controles de inventario: Diaria, Semanal, Mensual, Otra
P7	Área_Inventarios_Act_	Existencia de un área que gestione y controle los inventarios actualmente
P8	Políticas_Act	Existencia de políticas para el control y administración de inventarios
P9	Indicador_ERI_Act	Medición de la exactitud del registro de inventarios
P10	Inversión_Tec_Act	Percepción de la importancia que da la organización a la inversión de nuevas tecnologías para el control de inventarios
P11	Sistemas_Inventarios_Act	Sistemas utilizados para el control de inventarios: ERP, Excel, Manual, Ninguno, Otro

P12	Etiquetas_Identificación_Act	Tipo de etiquetas para la identificación de los inventarios: Código de Barras, Etiqueta SKU, Codificación Alfanumérica, Ninguno, Otro
P13	Eficiencia_Act	Percepción de la eficiencia en el control de inventarios que tiene la organización con la información actual
P14	Innovaciones_Act	Implementación de innovaciones recientes para la gestión de inventarios
P15	Just_Innovaciones_Act	Razones que justifican la falta de implementación de innovaciones: Dificultad de financiamiento, costos elevados, falta de personal calificado, no hay interés, retorno de inversión largo, otros
P16	Conocimiento_RFID_Act	Conocimiento que tiene la organización sobre RFID: Alto, Medio, Bajo, Nulo
P17	Capacitaciones_Tec_Digitales	Capacitaciones respecto a tecnologías digitales pertenecientes a la revolución 4.0
P18	Presupuesto_Tec_Act	Presupuesto destinado a la inversión de tecnología para los procesos de la cadena de abastecimiento
P19	Problemas_Control	Problemas causados por un deficiente control de inventarios: Paros de producción, sobrecostos de almacenamiento, entrega inoportuna a los clientes, pérdida de inventario por obsolescencia, compras innecesarias de materiales e insumos

Fuente. Elaboración propia

Variables explicativas:

Las siguientes variables de la tabla 8 corresponden al grupo de variables explicativas, las cuales servirán de soporte para la creación del modelo de regresión logística binario. Es importante tener en cuenta que los resultados a nivel descriptivo de las variables no será el mismo que en el modelo de regresión logística binario ya que para la construcción del mismo, se requiere que el valor que adoptan los parámetros de cada variable, tenga unos valores definidos, dentro de un rango específico, lo cual será descrito más adelante.

Tabla 8. Descripción de variables explicativas

Pregunta	Variable	Descripción
P20	Soporte_Dirección	Influencia del soporte de la dirección en la decisión de adopción de tecnologías RFID
P21	Disponibilidad_Infraestructura	Influencia de la disponibilidad de infraestructura tecnológica de la organización en la decisión de adopción de tecnologías RFID
P22	Disponibilidad_Financiera	Influencia de la disponibilidad a nivel financiero de la organización en la decisión de adopción de tecnologías RFID
P23	Beneficios_Tecnología	Influencia que tienen los beneficios asociados a la tecnología RFID en la decisión de su adopción
P24	Costos_Tecnología	Influencia de los costos de la tecnología RFID en la decisión de su adopción
P25	Habilidades_Personal	Influencia de las habilidades del personal en tecnologías digitales, especialmente en tecnologías RFID en la decisión de su adopción
P26	Satisfacción_Clientes	Influencia del valor y la satisfacción que la tecnología RFID brindaría a los clientes en la decisión de su adopción
P27	Innovación	Influencia de la falta de innovación en la organización en la decisión de adopción tecnologías RFID
P28	Volumen_Inventarios	Influencia del volumen de inventarios de la organización en la decisión de adopción tecnologías RFID
P29	Soporte_Gobierno	Influencia que tiene el soporte del gobierno para la implementación de tecnologías RFID en la decisión de su adopción
P30	Complejidad_Tecnología	Influencia de la complejidad de la tecnología RFID en la decisión de su adopción

Fuente. Elaboración propia

Variable dependiente: Variable que corresponde a la elección de la PyME encuestada respecto a la elección de adopción de tecnología RFID como solución tecnológica e innovadora para los procesos de control y administración de inventarios. La variable dependiente toma 1 si la empresa está dispuesta a invertir en la tecnología, 0 en caso contrario.

7.4 Procesamiento estadístico de datos

Las respuestas obtenidas de la encuesta fueron codificadas e ingresadas en el programa estadístico SPSS, con el objetivo de realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos. SPSS permite realizar análisis estadísticos descriptivos simples y análisis estadísticos complejos como las regresiones.

7.4.1. Análisis Descriptivo

El análisis de datos permite el procesamiento y modelado de los datos obtenidos, con el fin de obtener información útil y tener un respaldo para la toma de decisiones. Estos procesos estadísticos permiten la transformación, presentación y realización de diversas técnicas para sacar conclusiones de acuerdo al área de estudio.

Del instrumento aplicado a las 55 empresas, a continuación se presenta el análisis descriptivo de las preguntas que brindaron información clave y con mayor relevancia de las planteadas para el diagnóstico actual. Lo anterior para poder encontrar datos complementarios frente a sistemas de información utilizados, disposición de las organizaciones encuestadas a invertir en nuevas tecnologías con el presupuesto que manejan actualmente, disposición e importancia que ven a la mejora de sus procesos, y el conocimiento que tienen las organizaciones en tecnologías RFID. Este análisis de las variables escogidas de diagnóstico actual, junto con las variables explicativas permitirá encontrar los factores decisivos en el momento de implementar o no tecnología RFID. Las demás variables del diagnóstico actual permitirán concluir el panorama que presenten actualmente las PyMEs colombianas con su problemática de control y administración de inventarios, lo cual será el complemento ideal para el análisis planteado y para dar respuesta a la pregunta de investigación.

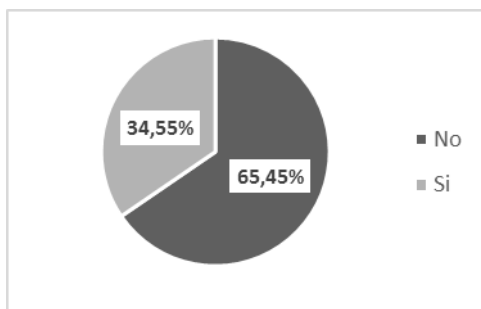
Pregunta 31. ¿Estaría la empresa dispuesta a invertir en un sistema de identificación por RFID para mejorar y optimizar el proceso de administración de inventarios?

Tabla 9. Frecuencia y porcentajes pregunta 31

		Frecuencia	Porcentaje
P31	No	36	65.5
	Si	19	34.5
	Total	55	100.0

Fuente. Elaboración propia

Figura 7. Porcentajes de respuesta pregunta 31



Fuente. Elaboración propia

A la pregunta de tipo cualitativo ¿Estaría la empresa dispuesta a invertir en un sistema de identificación por RFID para mejorar y optimizar el proceso de administración de inventarios?, Según los resultados de la Tabla 9 se logra inferir que el 65.45% de las empresas encuestadas no están dispuestas a implementar este tipo de metodologías, así como se muestra en la figura 7. Además, se pudo evidenciar, que dentro de los aspectos influenciadores en su decisión está el poco conocimiento en la tecnología, los costos elevados de la misma, la falta de personal calificado para operarla, el considerar que el periodo de retorno de esta inversión es demasiado largo, la falta de presupuesto destinado a inversión en tecnología y por último el poco interés en implementar innovaciones en sus empresas.

Al contrario de este primer resultado tenemos que el 34.55% de las empresas consideran necesario una innovación de tipo tecnológico en el proceso de administración de inventarios, generando una mejora directa sobre aspectos como la entrega oportuna a sus clientes, los paros en las líneas de producción y las compras innecesarias de materiales.

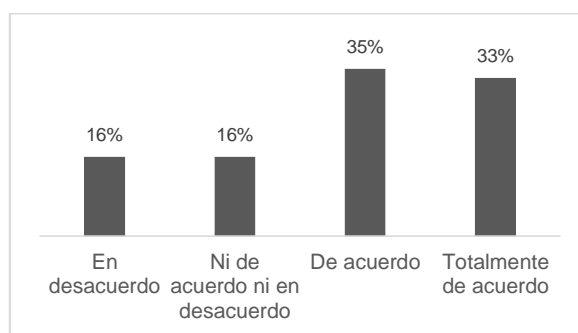
Pregunta 10. ¿La empresa comprende la importancia de invertir en tecnologías que apoyen el proceso de inventarios, ya que la pérdida de los mismos ocasiona altas pérdidas económicas?

Tabla 10. Frecuencia y Porcentaje P10

		Frecuencia	Porcentaje
P10	Totalmente en desacuerdo	9	16.4
	En desacuerdo	9	16.4
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	19	34.5
	De acuerdo	18	32.7
	Totalmente en desacuerdo	55	100
	Total	9	16.4

Fuente. Elaboración propia

Figura 8. Porcentajes de respuesta pregunta 10



Fuente. Elaboración propia

A la pregunta de tipo cualitativo ¿La empresa comprende la importancia de invertir en tecnologías que apoyen el proceso de inventarios, ya que la pérdida de los mismos ocasiona altas pérdidas económicas? De acuerdo a los resultados de la Tabla 10 y la figura 8, el 68 % de las empresas

encuestadas están de acuerdo o totalmente de acuerdo en que es necesario en el entorno actual innovar en los sistemas de información para la administración de inventarios, ya que esto puede ocasionar pérdidas económicas para la empresa, traducida de otra forma en pérdida de la imagen de la empresa, pérdida en ventas, aumento en los costos operacionales, costos de obsolescencia, deterioro y pérdidas de inventario (Peña & Da Silva Oliveira, 2016).

El 32.8 % está totalmente en desacuerdo o en desacuerdo, este porcentaje lo componen las empresas que continúan haciendo las cosas de la misma manera, sin dar oportunidad a cambios en sus procesos, el innovar va de la mano con un cambio cultural y de acuerdo a esto es importante que estas empresas hagan un cambio de chip a nivel organizacional involucrando a empleados, clientes y proveedores, recibiendo y dando conocimientos, permitiendo que las personas sean creativas y emprendedoras, lo cual seguramente se reflejara en mayor competitividad, en el cumplimiento de los objetivos en menor tiempo y mayor rentabilidad (Fundación de la innovación, 2010).

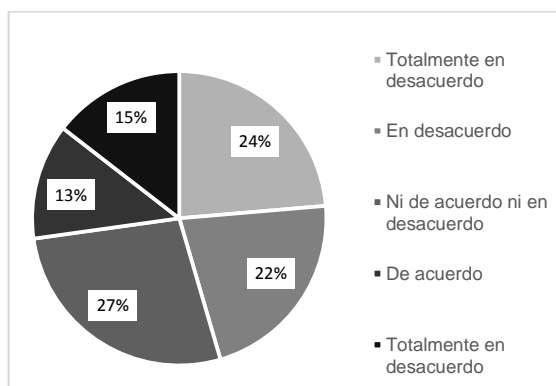
Pregunta 13. ¿Considera que el sistema de información actual para la administración de los inventarios es eficiente para el control de los mismos y para los niveles de servicio requeridos por las diferentes áreas de la organización?

Tabla 11. Frecuencia y Porcentaje

		Frecuencia	Porcentaje
P13	Totalmente en desacuerdo	13	23.6
	En desacuerdo	12	21.8
	Ni de acuerdo ni en desacuerdo	15	27.3
	De acuerdo	7	12.7
	Totalmente en desacuerdo	8	14.5
	Total	55	100.0

Fuente. Elaboración propia

Figura 9. Porcentajes de respuesta Pregunta 13



Fuente. Elaboración propia

La pregunta de tipo cualitativo ¿Considera que el sistema de información actual para la administración de los inventarios es eficiente para el control de los mismos y para los niveles de servicio requeridos por las diferentes áreas de la organización? Respecto a lo arrojado en la Tabla 11 y según lo visualizado en figura 9, tiene un resultado particular ya que la mayor puntuación se dio en la escala “Ni de acuerdo, ni en desacuerdo” con el 27.3%. Esto conlleva a interpretar que no se conocen las características del sistema de información con el cual se administran los inventarios y se desconoce si este sistema suplir las necesidades del proceso y de las áreas que afecta.

Para las empresas de manufactura la columna vertebral de la cadena de valor la componen los procesos de compras, abastecimiento, producción y distribución y en todas ellas la administración y control de inventarios tiene un papel determinante, por lo tanto, estas empresas deben evaluar si su sistema actual es eficiente y eficaz en la administración de inventarios de tal manera que puedan definir si se hace necesaria una innovación en este proceso de su cadena (Fugini & Maggiolini, 2018).

La puntuación de los ítems “Totalmente en desacuerdo y en desacuerdo” suma el 45.4% esto quiere decir que los responsables en el rol de inventarios consideran que el sistema de información actual no cumple con los requerimientos necesarios para soportar las necesidades del proceso de inventarios y esto representa una gran oportunidad de innovación para este sector en general.

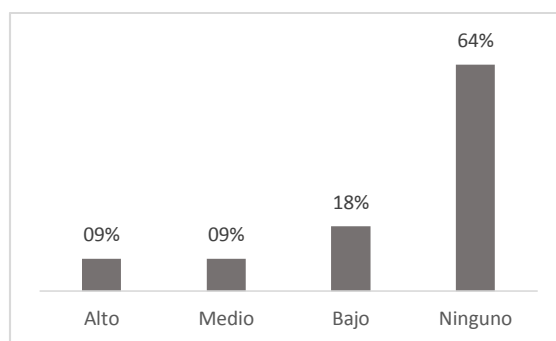
Pregunta 16. ¿Qué nivel de conocimiento tiene usted sobre la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia - RFID?

Tabla 12. Frecuencia y Porcentaje P16

		Frecuencia	Porcentaje
P16	Alto	5	9.1
	Medio	5	9.1
	Bajo	10	18.2
	Ninguno	35	63.6
	Total	55	100

Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Porcentajes de respuesta Pregunta 16



Fuente. Elaboración propia

A la pregunta de tipo cualitativo ¿Qué nivel de conocimiento tiene usted sobre la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia - RFID? Según el resultado de la Tabla 12 y la figura 10, el 63.6% es una calificación muy alta, es así como el desconocimiento de esta tecnología de acuerdo a otros estudios podría ser uno de los determinantes por los cuales no se ha adoptado este tipo de tecnologías en estas empresas. (Wen et al., 2009). Y este desconocimiento no es solo en esta tecnología, la literatura indica que en América Latina las PyMEs presentan una alta demora en el desarrollo de procesos de innovación y un retraso tecnológico importante. (Frohmann et al., 2018)

7.5 Componente de Diseño en Ingeniería

7.4.1 Declaración del Diseño Elegido:

El modelo matemático utilizado en esta investigación se basó en la teoría y marco de evaluación TOE (Tecnología-organización-entorno) propuesto por Tornatzky y Fleischer en 1990 dónde se estudia la adopción de innovaciones tecnológicas, el cual fue mencionado en el presente documento. Para el desarrollo del problema planteado y a partir de datos recolectados de la encuesta previamente elaborada y aplicada, se empleó un modelo de elección discreta (Regresión Logística Binomial). Este tipo de modelos, analizan los factores determinantes de la probabilidad de que un individuo elija una alternativa dentro de un conjunto, generalmente finito, de opciones.

A continuación, se desarrollan los conceptos del modelo de regresión logística binario, definiciones de los parámetros estadísticos utilizados, definición de las pruebas de bondad de ajuste, así como cada test realizado, que permita soportar cada resultado numérico evidenciado en la sección de resultados. De esta forma se entenderá el porqué de cada valor y lo que significa dentro del análisis planteado.

Regresión logística binaria:

La regresión logística binaria es un método estadístico que tiene como objetivo poder predecir comportamientos o estimar la probabilidad de que ocurra un suceso definido por medio del análisis de un conjunto de datos donde existen una o más variables independientes. El resultado del modelo está dado por una variable dicotómica, es decir una variable que solo tiene dos resultados posibles (Dabo, 2017). El propósito de usar este modelo en la investigación es encontrar el modelo que mejor se ajuste y describa la relación de las variables independientes que también pueden llamarse predictoras o explicativas, con la variable dicotómica de interés o variable de respuesta. La regresión logística es un método estadístico muy útil para identificar ciertas causas que determinan la aparición de comportamientos o fenómenos, por esto identifica las características o factores que intervienen o diferencian a los grupos que son definidos por la variable dependiente (López & Fachelli, 2016).

En el caso de esta investigación, la regresión logística binaria es ideal para responder la pregunta de investigación, es decir, los factores que influyen en la decisión de adoptar tecnología RFID en las organizaciones. Lo anterior quiere decir, que la regresión estima la probabilidad de que las organizaciones adopten RFID dados los valores de las variables independientes, que son en este

caso, diferentes variables de contextos tecnológicos, organizativos y ambientales que pueden tener un efecto negativo o positivo en la adopción de la tecnología.

Entonces, sea γ la variable de resultado binaria que indica la no adopción / adopción de RFID por parte de las PyMEs, con 0 y 1 y p la probabilidad de que γ sea 1, $p = \text{prob}(\gamma = 1)$. Sea X_1, \dots, X_k el conjunto de variables predictoras o explicativas.

Luego, el resultado de la regresión logística de γ sobre X_1, \dots, X_k estima los valores de los parámetros para $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ (con los errores estándar y niveles de significancia) mediante el método de máxima verosimilitud (ML) o la transformación *logit* de la probabilidad de presencia de la característica de interés o la variable de respuesta mediante la siguiente ecuación:

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k$$

En términos de probabilidad la ecuación anterior se entiende como una función logística:

$$p(X) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k)}}$$

Donde p es la probabilidad de que la variable dependiente tome el valor de 1, en este caso, que tome el valor de adoptar RFID como solución e innovación tecnológica.

β_0 es la intersección de la ecuación de regresión lineal (el valor del criterio cuando el predictor es igual a cero).

$\beta_1 X$ es el coeficiente de regresión multiplicado por algún valor del predictor.

El *odds* de un suceso es el cociente sus probabilidades de ocurrencia entre sus probabilidades de no ocurrencia. Puede tomar cualquier valor entre 0 (muy baja probabilidad de éxito) y ∞ (muy alta probabilidad de éxito). Esta ratio indica cuanto más probable es el éxito que el fracaso.

$$\text{odds} = \frac{p}{1-p} = \frac{\text{probabilidad de que ocurra el evento}}{\text{probabilidad de que no ocurra el evento}}$$

El logaritmo de los odds, es la transformación de probabilidad a odds de forma monótonica, lo que significa que los odds aumentan mientras aumenta la probabilidad y viceversa:

$$\text{logit}(p) = \ln\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

Donde \ln es el logaritmo natural.

Supuestos, restricciones y características del modelo

- La regresión logística puede manejar datos ordinales y nominales como variables independientes.
- La regresión logística binaria requiere que la variable dependiente sea binaria.
- En la regresión logística se asume que p ($\gamma = 1$), es la probabilidad de que ocurra el evento. Lo anterior quiere decir, que es necesario que la variable dicotómica esté configurada con 0 para No, y 1 para que la variable dependiente sea el resultado o estudiado.
- Inclusión de Variables Relevantes: Para verificar la factibilidad del modelo se validó que en su estimación se incluyeran todas las variables que explicaran el comportamiento de la variable dependiente, omitir una implicaría obtener un estimador sesgado.
- Omisión de Variables Irrelevantes: Para evitar la ineficiencia del modelo, se excluyeron las variables que no aportaron significancia a la investigación.
- Variables categóricas como regresares: Es importante la presencia de variables cualitativas para una correcta especificación del modelo. Su correcta incorporación en la estimación se debe hacer a partir de variables binarias o dummies, lo cual se modificó después de la recolección de datos.
- Multicolinealidad: Cuando existen en la estimación variables explicativas similares, una de las dos es irrelevante. Un inadecuado método de recolección de datos, de las poblaciones objeto de muestreo o de la especificación del modelo generan problemas de eficiencia. De esta manera se verificó el ajuste del modelo (ρ^2) y la significancia de los parámetros, validando los signos de los coeficientes y la credibilidad de sus magnitudes. El modelo de regresión logística debe tener poca o ninguna multicolinealidad. Es decir, las variables independientes deben ser independientes entre sí.

Relación de las variables independientes con la variable dependiente:

- Significación de β : Si el valor es menor de 0.05 quiere decir que la variable independiente explica la variable dependiente.

- Signo de β : Este signo indica la dirección de la relación, es decir, si es mayor o más positivo hay mayor probabilidad de que suceda el evento.
- Exp (β): También llamado Odds Ratio, es la medida más concluyente para la interpretación de la regresión logística, e indica la fortaleza de la relación de la variable dependiente con la variable independiente. De igual forma, indica cuál de las variables independientes o predictoras, tiene una asociación más fuerte con la variable dependiente.
- Cada coeficiente Exp (β) es la razón de dos probabilidades, en este caso, si el valor está cada vez más alejado o mayor a 1 la relación es más fuerte e indica que un aumento de la variable independiente, aumenta la probabilidad de que ocurra el evento. Cuando el Exp (β) es menor que 1, señala que un aumento de la variable independiente, reduce la probabilidad que ocurra la variable dependiente, mientras las otras variables se mantienen constantes.
- Estadístico de Wald se obtiene la significancia de cada variable independiente para explicar el valor de la variable dicotómica o de respuesta. Este estadístico corresponde a contrastar la hipótesis nula de que el coeficiente vale cero, para esto se plantea lo siguiente:

$$H_0: \beta = 0$$

$$H_1: \beta \neq 0$$

El estadístico de Wald es obtenido de la división del estimador $\hat{\beta}_1$ entre el error típico σ

$$W = \frac{\hat{\beta}_1}{\sigma(\hat{\beta}_1)}$$

Todos los coeficientes que tengan un valor > 4 serán significativos.

Bondad de ajuste del modelo:

Siempre que se ejecuta un modelo de regresión logística binaria, se debe evaluar el ajuste que tiene de acuerdo con los datos y variables que se usaron para estimarlo.

- Indicador de Bondad de Ajuste: La función de verosimilitud se utiliza para obtener un estadístico, que tiene cierta semejanza con el coeficiente de determinación que se obtiene de una regresión lineal clásica. Este indicador compara el valor de dos funciones de log-

verosimilitud que entrega cada modelo estimado: una corresponde al modelo que incluye todas las variables explicativas (modelo completo o global) y la otra corresponde a la del modelo cuya única variable explicativa es la constante del modelo (modelo restringido o Equi-probable).

El estadístico también se conoce como pseudo ρ^2 de Mcfadden (1974) y se define como:

$$\rho^2 = 1 - \frac{l^*(0)}{l(0)}$$

Donde $l^*(0)$ es la log-verosimilitud del modelo final y $l(0)$ es la log-verosimilitud del modelo Equi-probable.

El resultado calculado tendrá valores comprendidos entre 0 y 1 de forma que:

1. Valores que están próximos a 0 se obtienen cuando $l(0)$ sea muy parecida a $l^*(0)$, esto sucede cuando las variables incluidas en el modelo son poco significativas, es decir, la estimación de parámetros β no mejora el modelo, cuando estos parámetros son cero. Esto daría como resultado que la capacidad explicativa del modelo es muy reducida.
 2. Cuanto mayor sea la capacidad explicativa del modelo, mayor será el valor de $l^*(0)$ sobre el valor de $l(0)$. De acuerdo a McFadden una medida que indica un buen ajuste del modelo puede oscilar de 0.2 a 0.4, evidentemente si el resultado cada vez se acerca a 1 el modelo será ideal. Es importante mencionar que el coeficiente de McFadden sólo nos permite comparar modelos distintos para el mismo conjunto de datos (Camarero et al., 2018). No se puede interpretar como una medida de asociación, únicamente permite orientar la manera para introducir o eliminar las variables independientes en función de su capacidad de ajuste.
- Test de razón de verosimilitud: $-2LL$ (desviación) mide hasta qué punto un modelo se ajusta bien a los datos. Cuanto más pequeño sea el valor, mejor será el ajuste. Para calcular la función de verosimilitud se compara el valor de dos funciones de log-verosimilitudes que entrega el modelo que únicamente incluye la constante del modelo (modelo Equi-probable), con el modelo que incluye las variables explicativas del modelo final (modelo completo o global). El estadístico que se obtiene es Chi cuadrado, que evalúa la hipótesis nula de que

los coeficientes (β) de todos los términos (excepto la constante) incluidos en el modelo son cero:

$$\text{Chi cuadrado} = (-2LL\text{Modelo } 0) - (-2LL\text{Modelo } 1)$$

- El estadístico Chi Cuadrado para este test es la diferencia entre el valor de -2LL para el modelo sólo con la constante (Equiprobable) y el valor de -2LL para el modelo global. Si la significancia es menor de 0.05 indica que el modelo ayuda a explicar el evento, o, que las variables independientes explican la variable dependiente.
- R^2 de Cox y Snell: Sus valores oscilan entre 0 y 1 (tiene un valor máximo inferior a 1, incluso para un modelo perfecto). Cuanto más alto es el R^2 el modelo es más explicativo y de igual forma las variables independientes explican la variable dependiente.
- R^2 de Nagelkerke es una versión corregida del R^2 anterior y cubre el rango completo de 0 a 1. De igual forma, cuanto más alto es el R^2 el modelo es más explicativo y de igual forma las variables independientes explican la variable dependiente.
- Porcentaje de clasificación: Este porcentaje establece el número de datos que el modelo puede predecir de forma correcta, es decir, con base a la ecuación de regresión y los datos observados, se hace una predicción de la variable dependiente que es el valor pronosticado. Lo anterior quiere decir que la predicción se compara con el valor observado, si se acierta el caso se clasifica, por lo tanto, cuantos más casos clasifique de forma correcta mejor es el modelo. El modelo es aceptado si clasifica correctamente más del 50% de los casos, ya que se asume que las variables predictoras explican al evento a la variable dependiente.
- Prueba de Hosmer – Lemeshow: Este es otro método para estimar la bondad de ajuste del modelo de regresión construido, el cual consiste en comparar los valores previstos y esperados por el modelo, con los valores realmente observados. La hipótesis nula del test Hosmer - Lemeshow indica que no existen diferencias entre los valores observados y los valores pronosticados, es decir que, si el test se rechaza, el modelo no está bien ajustado.

7.6 Resultados del Modelo de Regresión Logística

Se estimaron diferentes modelos de regresión, incluyendo las variables explicativas. Todos los modelos se calcularon a partir del método que se denomina "Introducir" que viene por defecto en SPSS, el cual introduce todas las variables como covariables sin hacer ningún tipo de descarte. De esta manera, se eligió el modelo que mejor se ajustaba y respondía a los requerimientos de la investigación, que incluye 9 variables independientes como se puede observar en la tabla 13, la cual muestra las variables seleccionadas por factor de acuerdo al marco TOE. Como se había mencionado anteriormente, el modelo corresponde al impacto de cada factor en la decisión de adopción de RFID por parte de las PyMEs. En el modelo la variable de resultado tiene dos categorías: "Sí" (adoptar RFID) y "No" (no adoptar RFID).

Selección de variables:

La selección de las variables del modelo final fue realizada después de la construcción de más de 50 modelos donde incluir las variables obtuviera resultados significativos que aportaran validez a la investigación. De igual forma, al seleccionar las variables para el modelo, se tuvo en cuenta la multicolinealidad de las mismas, es decir, la existencia de relaciones lineales entre dos o más variables independientes gracias a los resultados del factor de inflación de varianza que se verán más adelante.

Tener en cuenta el criterio de la multicolinealidad evitó incluir variables altamente correlacionadas de manera simultánea. Para evitar la presencia de la colinealidad, se decidió agregar variables una a una, en cada modelo realizado, haciendo el análisis pertinente de los coeficientes y de la significancia de cada una de ellas, logrando llegar al modelo final descrito en la tabla 13. Por otro lado, la selección de las variables utilizadas, para describir la decisión de adopción de tecnologías RFID dentro del modelo, siguió criterios de significancia estadística y de coherencia teórica, respecto a las expectativas teóricas a priori que se tenían gracias a la revisión de la literatura.

En términos prácticos, las hipótesis No. 4 la cual menciona que los beneficios percibidos de la tecnología RFID influyen de forma positiva en su adopción, queda descartada, gracias a los test y análisis realizado a la variable Beneficios_Tecnología y no se tiene en cuenta en el modelo final. Lo mismo pasa con la hipótesis No. 6 la cual menciona que la disponibilidad financiera de las organizaciones para temas de innovación tiene un efecto positivo en la implementación de

tecnología RFID, la cual está asociada a la variable Disponibilidad_Financiera, donde la inclusión de la misma en el modelo final, hacía que este no fuera significativo y entrara en conflicto con las demás variables propuestas.

Por esto, se determinó que estas dos hipótesis mencionadas iban a ser eliminadas para lograr una coherencia teórica y de significancia estadística, logrando tener un modelo robusto y que explicara la variable dependiente propuesta y diera respuesta a las otras 9 hipótesis planteadas.

Tabla 13. Variables del Modelo Final

Factor	Variable
Tecnológico	Costos_Tecnología
	Complejidad_Tecnología
	Disponibilidad_Infraestructura
Organizacional	Soporte_Dirección
	Habilidades_Personal
	Innovación
	Volumen_Inventario
Entorno	Soporte_Gobierno
	Satisfacción_Clientes

Fuente. Elaboración propia

Tabla de Clasificación

Tabla 14. Tabla de Clasificación

Observado		No	Si	Porcentaje Correcto
¿Estaría la empresa dispuesta a implementar RFID?	No	34	2	94.4
	Si	2	17	89.5
Porcentaje Global				92.7

Fuente. Elaboración propia

La tabla 14 de clasificación, indica el porcentaje de casos que el modelo de regresión ejecutado, es capaz de predecir de forma correcta. Esto quiere decir, que con base en la ecuación de regresión y los datos que se obtuvieron de la encuesta, se realiza una predicción del valor de la

variable dependiente, que en este caso es la disposición de las PyMEs a adoptar RFID como tecnología para el control y administración de inventarios. Por lo tanto, la predicción se compara con el valor observado, y si acierta, el caso se clasifica correctamente, esto quiere decir que entre más casos se clasifiquen correctamente, el modelo es explicativo, y las variables independientes son buenas predictoras de la variable dependiente. Cabe mencionar, que un modelo se acepta, si al menos el 50% de los casos se clasifican de forma correcta. En este caso se observa que el 92.7% de los casos fueron clasificados de forma correcta, lo cual nos indica un muy buen modelo de regresión realizado.

La tabla 15 contiene los valores de cada coeficiente después de ejecutar el modelo, arrojados por el programa estadístico SPSS. La definición de cada coeficiente mostrado en la tabla siguiente fue dada en el apartado “*Relación de las variables independientes con la variable dependiente*” de esta misma sección.

Tabla 15. Resultados por variable – Regresión Logística

Variable	β	Wald	Sig	Exp (β)	Hipótesis
Costos_Tecnología	-7.226	5.840	0.016	0.001	Se acepta
Complejidad_Tecnología	-3.413	5.238	0.022	0.033	Se acepta
Disponibilidad_Infraestructura	-3.042	5.567	0.018	0.004	Se acepta
Soporte_Dirección	2.169	4.494	0.034	8.753	Se acepta
Habilidades_Personal	-2.180	4.776	0.029	0.113	Se acepta
Innovación	-4.012	4.358	0.037	0.018	Se acepta
Volumen_Inventario	4.228	5.300	0.021	68.609	Se acepta
Soporte_Gobierno	3.660	4.757	0.029	38.870	Se acepta
Satisfacción_Clientes	-4.525	6.359	0.012	0.011	Se acepta

Fuente. Elaboración propia.

Resultados de la Prueba de Hosmer y Lemeshow:

Tabla 16. Resultados de la prueba de Hosmer y Lemeshow

Chi-cuadrado	Sig
2.434	0.932

Fuente. Elaboración propia.

La tabla 16. Proporciona la bondad de ajuste de Chi-cuadrado (χ^2) del modelo. Se obtuvo el valor de chi-cuadrado de 2.434 con un valor de significancia $p > 0.05$ ($0.932 > 0.05$), lo que indica un buen ajuste para el modelo de regresión.

Supuestos del Modelo:

Multicolinealidad: Para comprobar el supuesto de multicolinealidad se analizaron los resultados obtenidos del Test de Factor de Inflación de la Varianza (VIF), que permite analizar la colinealidad entre variables como se muestra en la tabla 17. Este test mide la redundancia entre las variables explicativas. El VIF toma un mínimo valor de 1 cuando no hay presencia de colinealidad (Ruiz, 2015), es por esto, que es ideal que los valores se acerquen siempre a 1. Se recomienda eliminar las variables explicativas que tengan un valor mayor a 10, ya que acá los coeficientes expresan multicolinealidad, lo que causa problemas a los modelos (López, 2013). Como se observa en la tabla 15, todas las variables explicativas tomadas para realizar el modelo de regresión logística binario tienen un VIF muy cercano a 1, lo cual será positivo, sobre la precisión de los estimadores de los coeficientes de regresión del modelo elaborado.

Tabla 17. Test VIF (Factor de Inflación de la Varianza)

Factor	Variable	VIF
Tecnológico	Costos_Tecnología	1.326
	Complejidad_Tecnología	1.329
	Disponibilidad_Infraestructura	1.094
Organizacional	Soporte_Dirección	1.120
	Habilidades_Personal	1.187
	Innovación	1.615
	Volumen_Inventario	1.176
Entorno	Soporte_Gobierno	1.435
	Satisfacción_Clientes	1.177

Fuente. Elaboración propia

7.7 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los análisis de resultados del modelo de regresión logística simulado en el programa estadístico SPSS.

Tabla 18. Resumen Modelo Equiprobable

Resumen del Modelo
Logaritmo de la Verosimilitud -2
70.910

Fuente. Elaboración propia

Tabla 19. Resumen Modelo Final

Resumen del Modelo		
Logaritmo de la verosimilitud -2	R Cuadrado Cox y Snell	R cuadrado Nagelkerke
19.253	0.609	0.841

Fuente. Elaboración propia

Como se había mencionado, el estadístico -2 Logaritmo de la verosimilitud o -2LL, mide si el modelo se ajusta bien a los datos y también puede llamarse desviación. Es importante tener en cuenta, que cuando se ingresan variables al modelo que solo tiene la constante, el Logaritmo de la verosimilitud del modelo, debe ir disminuyendo su valor, cuanto más pequeño sea su valor, mejor ajuste tendrá el modelo.

De acuerdo con esto, como se encuentra descrito en la tabla 18, se observa que los resultados del modelo Equiprobable, es decir, el que solo tiene la constante, el logaritmo de la verosimilitud es de 70.910. La tabla 19 muestra que el resultado del logaritmo de la verosimilitud cuando se incluyeron las variables independientes quedó en 19.253, lo cual es coherente con lo descrito anteriormente.

El indicador de bondad de ajuste calculado estará dado por la diferencia de verosimilitud. El valor de $l^*(0)$ y $l(0)$ lo obtenemos al dividir entre -2, los valores que nos ofrece el programa para -2LL en ambos modelos:

$$\rho^2 = 1 - \frac{-9.6265}{-35.455} = 0.2715$$

Este resultado indica, que las variables independientes, ajustan mejor el modelo en un 27,15% (más verosímil) que el modelo que solo tiene la constante. Esto puede deberse a la cantidad de datos recolectados, ya que para estos modelos se recomienda que sea una muestra considerable. Sin embargo, las variables incluidas en el modelo tienen la capacidad de explicar el modelo del 72.8% ($1 - 0.2715 = 0.7285$) que es el valor del Pseudo-R² de McFadden.

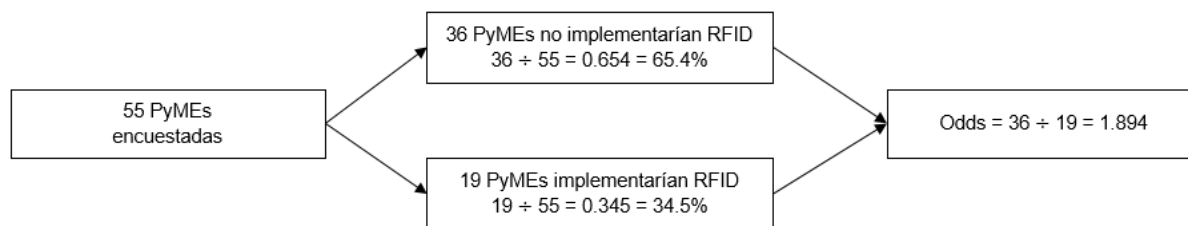
Continuando con los resultados del resumen del modelo final, en la tabla 19 se muestra de forma adicional al logaritmo de la verosimilitud los resultados de los R cuadrados, de los cuales se puede inferir el buen ajuste del modelo, ya que el R cuadrado de Cox y Snell tiene un valor de 0.609 o un 60.9% y el R cuadrado de Nagelkerke un 84.1%. Este coeficiente toma valores entre 0 y 1 de tal forma que 0 indica un efecto muy bajo de las variables independientes, mientras que en las proximidades a 1 mostrarían un efecto considerable de las mismas (Camarero et al., 2018).

De acuerdo con el estadístico de Wald de todas las variables independientes se puede observar que todos los coeficientes de las variables independientes del modelo obtuvieron un valor > 4 lo cual indica que son significativos, es decir son significativamente diferentes de cero.

Análisis de los resultados a través de los ODDS RATIO:

Los ODDS se definen como la razón de la probabilidad de que suceda un evento entre la probabilidad de que no suceda. La tabla 20, muestra que 19 organizaciones adoptarían tecnología RFID en sus procesos, y que 36 no la adoptarían. La siguiente figura (figura 11) muestra un diagrama en el cuál se representa un ejemplo en el procedimiento para el cálculo de los Odds Ratio, de acuerdo a la posición de las PyMEs de la adopción de tecnología RFID, dado que elegirían o no adoptar la tecnología:

Figura 11. Una Odds Ratio se obtiene con el cociente de las Odds



Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Adopción de RFID en las organizaciones

Organizaciones que adoptarían RFID	Organizaciones que no adoptarían RFID
19	36

Fuente. Elaboración propia

La figura 11, muestra que el 65.4% de las PyMEs encuestadas no implementarían RFID como tecnología que de acuerdo con el objeto de la investigación podrían solucionar y promover la administración, gestión y control de inventarios. Por otro lado, el 34.5% de las PyMEs de acuerdo al contexto dado, y la información sobre tecnología RFID, implementarían la tecnología como solución y soporte en sus actividades organizacionales. En términos de razón, se puede señalar que por cada organización que decidiera implementar la tecnología RFID hay $1.89 \cong 2$ organizaciones que no la implementarían.

A continuación, se muestran los resultados del valor p, los cuales permiten comprobar las hipótesis planteadas anteriormente gracias a los resultados obtenidos del modelo de regresión logística planteado. El análisis se hará por cada factor como lo sugiere el maro TOE, soporte de la investigación.

Análisis Factores Contexto Tecnológico:

Para iniciar, los factores incluidos en el contexto tecnológico que de acuerdo con la literatura investigada y con las respuestas de las PyMEs encuestadas, se puede observar que los valores obtenidos de p, son estadísticamente significativos ($p < 0.05$) como se evidencia en la tabla 21. Lo anterior quiere decir que, los valores para las variables predictoras del contexto tecnológico Costo de la tecnología, Complejidad Tecnología y Disponibilidad de Infraestructura fueron 0.016, 0.033 y 0.004 respectivamente (Tabla 19). Por lo tanto, las hipótesis formuladas para estas tres variables se aceptan, lo que quiere decir que:

H1: El costo de la tecnología RFID influye de forma negativa en su implementación.

H2: La complejidad tecnológica influye de forma negativa en la adopción de tecnologías RFID.

H3: La disponibilidad de infraestructura tecnológica y su compatibilidad influye de forma negativa en la adopción de tecnologías RFID.

A continuación, se analizarán los estadísticos obtenidos por cada factor:

Tabla 21. Resultados de los factores del Contexto Tecnológico

Variable	β	Wald	Sig	Exp (β)	Hipótesis
Costos_Tecnología	-7.226	5.840	0.016	0.001	Se acepta
Complejidad_Tecnología	-3.413	5.238	0.022	0.033	Se acepta
Disponibilidad_Infraestructura	-3.042	5.567	0.018	0.004	Se acepta

Fuente. Elaboración propia-Software SPSS

Como se esperaba, los factores incluidos dentro del contexto tecnológico tienen un gran impacto dentro del modelo y en efecto influirían de forma negativa en la decisión de las PyMEs de adoptar tecnologías RFID como solución e innovación para los problemas de gestión, administración y control de inventarios. Como se ve en la tabla 21, el factor “Costos Tecnología” tiene un Odds Ratio o Exp (β) (razón de probabilidades) de 0.001. Este valor indica que un aumento unitario en los “Costos Tecnología” en “Complejidad Tecnología” (teniendo en cuenta que los otros factores del modelo se controlan y no se cambian), se reducen las probabilidades de adoptar tecnologías RFID en las PyMEs en un 99.9% (0.001 -1).

De igual forma el factor “Complejidad Tecnológica” registró una razón de probabilidades de 0.033, lo que quiere decir que un aumento en una unidad de este factor reduce las probabilidades de que las PyMEs decidan implementar RFID en un 96.7% (0.033 -1). Podemos inferir que las Pymes ven como una amenaza la complejidad en este tipo de tecnologías en el escenario de una futura implementación.

Para el factor “Disponibilidad de Infraestructura”, se demuestra con los resultados obtenidos que es una limitación para la implementación de la tecnología RFID, ya que un aumento en una unidad de este factor, reduce las probabilidades de que las PyMEs tomen la decisión de adoptar la tecnología para sus actividades de administración y control de inventarios en un 99.6%.

Análisis Factores Contexto Organizacional:

La significancia obtenida en los todos los factores que se evaluaron dentro del contexto organizacional estuvo por debajo de $p < 0.05$ tal y como se muestra en la tabla 22, de acuerdo con esto las hipótesis planteadas en este estudio fueron aceptadas:

H5: El soporte de la dirección y alta gerencia tiene un efecto positivo en la implementación de tecnología RFID

H7: Las habilidades en tecnologías digitales del personal a cargo de los procesos tienen un efecto negativo en la implementación de tecnología RFID.

H8: La innovación de procesos e inclusión de nuevas tecnologías de las organizaciones tiene un efecto positivo en la implementación de la tecnología RFID.

H9: El volumen de inventarios que manejan las organizaciones tiene un efecto positivo en la implementación de la tecnología RFID.

Tabla 22. Resultados de los factores del Contexto Organizacional

Variable	β	Wald	Sig	Exp (β)	Hipótesis
Soporte_Dirección	2.169	4.494	0.034	8.753	Se acepta
Habilidades_Personal	-2.180	4.776	0.029	0.113	Se acepta
Innovación	-4.012	4.358	0.037	0.018	Se acepta
Volumen_Inventario	4.228	5.300	0.021	68.609	Se acepta

Fuente. Elaboración propia-Software SPSS

El factor más fuerte que influye en la decisión de las organizaciones de adoptar RFID es el “Volumen de inventario” que registró una Odds Ratio de 68.609. Esto indica que un aumento unitario en los “Volumen de inventario” (mientras se controlan otros factores en el modelo) da como resultado un aumento de 67.609 (68.609 - 1) veces en las probabilidades de adopción de RFID (sobre las probabilidades de no adopción). Cabe mencionar que cuanto más se aleje el valor de la variable independiente de 1, mayor es la relación con la variable dependiente. De acuerdo a este análisis, el volumen de inventarios que manejan las PyMEs es un factor que influye en la decisión de posible adquisición de implementación, ya que entre más inventario exista más necesidades se tienen en la administración y control de los mismos.

En cuanto al soporte de la dirección, se evidencia también una fuerte relación, ya que la razón de probabilidades que se obtuvo fue de 8.753. Si se aumentara una unidad en este factor, aumenta 7.753 (8.753 - 1) la probabilidad de que las PyMEs adopten la tecnología. Este resultado es apenas lógico, ya que contar con el soporte de la Gerencia y de la Alta Dirección permite implementar mejoras en las organizaciones, mejorar estrategias, etc. y por lo tanto es un impulsor en la adopción de estas nuevas tecnologías.

Por el lado del factor “Habilidades del Personal”, se evidencia que no existe una relación estrecha con la posible decisión de adoptar RFID en las PyMEs. Esto se evidencia por el resultado de sus Odds Ratio, que arrojaron un resultado de 0.113, lo que significa que un aumento en una unidad de este factor reduce en un 88.7% (0.113 -1). Esto quiere decir que, si las PyMEs aumentan en una unidad su calificación respecto a este factor, disminuye la probabilidad de la adopción de RFID. Esto puede indicar que las PyMEs no consideran que el personal tenga que tener habilidades especiales en tecnologías digitales para poder implementar de forma exitosa.

Para el factor “Innovación”, el cual evalúa la falta de innovación e implementación constante de nuevas tecnologías, se puede observar que de acuerdo a los resultados de la razón de probabilidades que fue de 0.018, un aumento unitario en este factor disminuye en un 98.2% (0.018 -1). Esto nos indica que la innovación en este momento no es un punto muy importante para las PyMEs, y en su mayoría no existen procesos y estrategias innovadoras que impulsen la implementación de tecnología RFID, en este caso la adopción puede darse por la necesidad y los problemas actuales asociados a la administración de inventarios.

Análisis Contexto Entorno:

El valor obtenido, para demostrar la significancia de estas variables independiente, también estuvo por debajo de $p < 0.05$ como se evidencia en la tabla 23 siguiente, de acuerdo con esto las hipótesis que se plantearon fueron aceptadas:

H10: El objetivo de satisfacer a los clientes no impulsa la adopción de tecnología RFID.

H11: El apoyo del gobierno y la inclusión en programas tecnológicos tiene un efecto positivo en la implementación de tecnología RFID.

Tabla 23. Resultados de los factores del Contexto Entorno

Variable	β	Wald	Sig	Exp (β)	Hipótesis
Soporte_Gobierno	3.660	4.757	0.029	38.870	Se acepta
Satisfacción_Clientes	-4.525	6.359	0.012	0.011	Se acepta

Fuente. Elaboración propia-Software SPSS

Como también puede verse en la tabla 23, el factor Soporte de Gobierno, tiene una relación muy fuerte con la variable dependiente, lo cual se evidencia en el Odds Ratio resultante con un valor

de 38.870. Esto quiere decir que un aumento en una unidad de este factor aumenta 37.870 (38.870 – 1) veces la probabilidad de que las PyMEs elijan adoptar tecnologías RFID. Este resultado permite evidenciar que el apoyo del gobierno para que las PyMEs implementen nuevas tecnologías es muy importante para tomar la decisión.

Finalmente, para el factor “Satisfacción de Clientes” la razón de probabilidades fue de 0.011, lo que indica que no hay una relación tan estrecha entre las variables. Esto quiere decir que, si hay un aumento unitario en este factor, disminuye en un 98.9 (0.011 – 1) la probabilidad de que la tecnología RFID sea adoptada. Esto evidencia que satisfacer a los clientes por medio de esta tecnología no es una prioridad, y esto puede deberse a que los factores internos tienen más relevancia en términos de administración y control.

Cálculo de la Probabilidad:

Para el cálculo de la probabilidad se tomaron los datos de una organización que si estaría dispuesta a implementar tecnologías RFID para la administración y control de inventarios, de acuerdo con esto, fueron reemplazados en la ecuación y de igual forma los valores de β obtenidos de cada variable independiente fueron sustituidos para lograr obtener la probabilidad.

$$p(y = 1 | X) = \frac{1}{(1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \dots + \beta_k X_k)})}$$

Donde =

$$e^{-(\beta_0 + \beta_1 \text{Costo}_{Tec} + \beta_2 \text{Complejidad}_{Tec} + \beta_3 \text{Disponibilidad}_{Tec} + \beta_4 \text{SoporteDirección}_{Org} + \beta_5 \text{Habilidades}_{Org} + \beta_6 \text{Innovación}_{Org} + \beta_7 \text{VolumenInventarios}_{Org} + \beta_8 \text{SoporteGobierno}_{Ent} + \beta_9 \text{SatisfacciónClientes}_{Ent})}$$

$$= \frac{1}{(1 + e^{-(50.037 + -7.226*4 + -3.413*5 + -3.042*3 + 2.169*3 + -2.180*2 + -4.012*2 + 4.228*4 + 3.660*3 + -4.525*2)})}$$

$$= 0.999631$$

$$= 99.96\%$$

La probabilidad resultante resultó de 99.96% para este ejemplo. Cabe aclarar que el valor resultante de la probabilidad cambia de acuerdo al valor que tomen las variables predictoras o independiente.

8. Discusión de resultados

Las PyMEs en Colombia representan uno de los sectores económicos más amplios, tienen una gran participación en el PIB del país, son generadoras de empleo y debido a su naturaleza y estructura se pueden adaptar rápidamente a los cambios ya que la toma de decisiones es ágil.

Los resultados anteriormente obtenidos permiten tener un panorama de la situación de algunas PyMEs en diferentes aspectos, comenzaremos con el tema de inventarios; los inventarios son uno de los activos más importantes dentro de las organizaciones, una eficiente administración de inventarios deriva en una eficiente operación, pero en este aspecto las PyMEs tienen bastantes oportunidades observadas claramente en las empresas objeto de este estudio, no se evidencia que exista un proceso estructurado de inventarios, en la mayoría de estas empresas existen procedimientos, pero no existen políticas ni indicadores aplicados de forma sistemática que soporten este proceso y sobre todo que permitan realizar una medición de su gestión y de sus resultados; sigue siendo una figura empírica que está bajo la responsabilidad en su mayoría del área de contabilidad de estas empresas.

De acuerdo lo planteado anteriormente esta falta de estructura en el proceso de administración de inventarios puede deberse a varios factores, uno es que no se reinvierten las utilidades para optimizar sus procesos, la mayoría de ingresos obtenidos por las PyMEs va a pago de rentas, pago de salarios, suministros para su operación y algo en publicidad y es poco el dinero que se invierte en innovar los Sistemas de información; en las PyMEs encuestadas los sistemas de información utilizados para el control de los inventarios son las hojas de cálculo de Excel (control manual) y los Software contables Siigo y Elisa estos sistemas son fuertes en transacciones contables y financieras, no en los procesos que soportan la cadena de abastecimiento, por lo

tanto la información obtenida puede presentar grandes vacíos en el momento de la toma de decisiones respecto a la administración de los inventarios.

Respecto a los sistemas de identificación de los inventarios (materias primas, material de envase y empaque, insumos, etc.) en la gran mayoría de estas empresas no son utilizados, el más empleado es una codificación alfanumérica básica, como consecuencias se tienen no conocer que se tiene exactamente en el inventario, cuánto dinero representa este inventario, identificar si existen mercancías obsoletas, si el proceso de compra se realiza de manera precisa, paros en sus procesos productivos, afectación en los tiempos de entrega a sus clientes y un sin número de factores que afectan a toda la cadena ; según (Frohmann et al., 2018) las PyMEs se identifican por tener poca innovación y un gran atraso tecnológico, lo que puede derivar en seguir utilizando este tipo de herramientas.

Del total de las empresas encuestas solo el 12% (un porcentaje muy bajo) tienen presupuesto destinado para innovaciones en tecnología y aunque el proceso de producción que es la columna vertebral de sus empresas es el que tiene mayor oportunidad de implementar una solución tecnológica no lo materializan, las PyMEs no se motivan a realizar alguna implementación u optimización en sus procesos debido a los altos costos y a que ven muy largo el periodo de retorno de la inversión se justifican en no poder esperar estos tiempos por la falta de capital y la necesidad de resultados en el corto plazo y no identifican los beneficios en la innovación de los sistemas de información como una palanca que les dé mayor competitividad, crecimiento sostenible e internacionalización.

Otro hallazgo relevante es que debido a que sus recursos son limitados no es posible contratar personas especializadas en cada área y no puedan ofrecer salarios altos, esto va alineado con lo obtenido en la investigación, tenemos un gran porcentaje de empresas que no saben si la persona que tienen la responsabilidad en la administración de inventarios es idónea para cumplir con esta función o no está de acuerdo con quien lo ejerce en este momento ya que no la considera idónea, adicional a esto se presenta en muchas oportunidades que cuando se capacite al personal en temáticas específicas se pierda el *know how* ya que está capacitación puede venir acompañada de mayores responsabilidades, pero no necesariamente de un incentivo económico lo que ocasiona la fuga de talento (Franco & Urbano, 2019).

En cuanto a los resultados obtenidos y los factores del entorno que afectan en gran medida a las empresas encuestadas está el papel del gobierno, las empresas encuestadas identifican el apoyo del gobierno de forma vital para la implementación de nuevas tecnologías y para la innovación; actualmente las políticas de gobierno se ven reflejadas en diferentes leyes marco, en la orientación de la política de apoyo a las PyMEs, en las metas de gobierno que apunta a este sector y que están enfocadas en aumentar la competitividad y la internacionalización; esto ayudaría a reducir la brecha de acceso de estas empresas a estos programas obteniendo nuevas fuentes de financiamiento y facilitando los procesos de conocimiento y tecnología entre institutos de investigación y pequeños empresarios (Dini & Stumpo, 2019).

Desde las dimensiones planteadas en el marco TOE (Tecnología, organización y entorno) que es el modelo en el cual basamos nuestra investigación buscamos identificar en el análisis anterior los factores que desde cada una de estas dimensiones afectara directamente en la implementación de la tecnología RFID en las PyMEs objeto de este estudio.

9.

10. Conclusiones

A partir de una revisión de la literatura, con el trabajo de campo resultante y partiendo del marco TOE, los resultados obtenidos de esta investigación brindaron un panorama de qué factores del contexto tecnológico, organizacional y de entorno, podrían influenciar o limitar a las PyMEs del sector de manufactura en la adopción de tecnologías RFID para el control de inventarios.

De acuerdo a como fue estructurada la investigación, se evidenció que los factores tecnológicos, organizacionales y de entorno tienen relaciones que son significativas en una posible adopción de la tecnología RFID. Según la encuesta realizada y los resultados obtenidos en la regresión logística binaria, lo primero que podemos concluir a través del resultado de los ODDS RATIO es que por cada empresa que si estaría dispuesta a adoptar tecnologías RFID, hay dos que no estarían dispuestas a adoptar esta tecnología.

También se infiere según el resultado de la regresión que en el contexto tecnológico los costos de la tecnología RFID, la complejidad de la tecnología RFID, la disponibilidad actual de infraestructura de las PyMEs, representan los factores que tienen un efecto negativo en las organizaciones en el momento de considerar adoptar la tecnología RFID y reducen en un 99.9%, 96.7% y 99.6% respectivamente la probabilidad de adoptar las mismas. Esto puede deberse al contexto de la situación actual de Colombia, por ejemplo, para el caso de la disponibilidad de la infraestructura, se puede evidenciar que las PyMEs encuestadas no tienen sistemas robustos en TI que soporten los requerimientos del sistema RFID y que, como consecuencia de esto, el costo se elevaría para adaptar el ecosistema necesario que la tecnología necesita.

En el contexto organizacional, evidenciamos que el 35% de las empresas considera que el personal a cargo de la administración de inventarios es idóneo para asumir esta responsabilidad, cuenta con el suficiente conocimiento, habilidad y experiencia en este campo, este sería un valor agregado en el momento de optar por una innovación tecnológica ya que se tendría la base del conocimiento sobre los procesos y apoyaría a una implementación eficaz de un software para administración de inventarios.

Podemos evidenciar que aunque aproximadamente el 60% de las empresas encuestadas consideran importante innovar y actualizar los sistemas de información para poder acceder a nuevos mercados y aunque también identifican una gran oportunidad de actualizar o adquirir un nuevo software para la administración y control de sus inventarios, va en contravía con la decisión de no presupuestar efectivo para invertir en una actualización tecnológica en este proceso que también fue evidenciado en el instrumento, donde el 67% de las empresa encuestadas no cuentan con un rubro dentro de su presupuesto para invertir en alguna solución tecnológica.

En el instrumento aplicado encontramos que en los últimos años la dirección de estas empresas no ha realizado algún tipo de capacitación en tecnologías digitales en ninguno de sus procesos y en el 65% no se ha realizado alguna innovación o cambio en el proceso de gestión de inventarios, aunque las personas encuestadas identifican que una innovación en este proceso traería grandes ventajas esto se ve afectado por la falta de interés de la gerencia y el no reconocer este aspecto como una ventaja competitiva importante frente a la competencia del sector; de igual manera se evidencia en cuanto al soporte de la Dirección es un factor muy relevante para cualquier decisión en términos de mejora, implementaciones tecnológicas. Esto quiere decir que el apoyo y estímulo de la dirección guiaría una posible adopción de etiquetas y/o tecnología RFID, ya que la toma de decisiones y adquisición de recursos es responsabilidad de los niveles gerenciales de las organizaciones, por lo tanto, si la dirección apoya los planes de implementación que muchas veces son sugeridos por los líderes de cada proceso, aumenta la probabilidad de adoptar la tecnología.

De forma paralela al punto anterior, el factor más importante que se evidenció a nivel organizacional, fue el volumen de inventarios. Esto se debe a que las PyMEs colombianas, no suelen manejar muchas bodegas o almacenes de gran tamaño, y una solución de estas

significaría incurrir en altos costos como se había mencionado anteriormente, así como funciones que ahora no son necesarias en sus procesos actuales, y no generaría el valor que tiene en empresas de mayor tamaño. Este es un punto de partida, para que las PyMEs de manufactura, objeto de este estudio, que no tienen un sistema integrado de información o un software especializado para el control y administración de inventarios y gestión de almacenes, adopten uno que se ajuste a las necesidades sin que se descuiden las prácticas que están liderando los mercados mundiales, teniendo actualizaciones constantes y adoptando tecnologías logísticas de acuerdo al flujo de trabajo que manejan.

En línea con los párrafos anteriores respecto al contexto organizacional y de acuerdo a los resultados del modelo de regresión el soporte de la dirección y el volumen de inventarios son dos de las variables que más influenciarían de forma positiva a la dirección de las empresas encuestadas en la posible adopción de tecnologías RFID.

Finalmente, por el lado de los factores a nivel entorno, se encontró que las PyMEs no adoptarían la tecnología por la satisfacción de los clientes, el interés de algunas organizaciones iba encaminada de forma principal a mejorar los procesos internos, siendo conscientes de que al final la cadena de suministro mejoraría de principio a fin, pero la satisfacción del cliente no sería un factor fundamental en la decisión de adopción. Por el contrario, el soporte del gobierno, es un factor de vital importancia en el momento de decidir adoptar la tecnología, ya que tener la guía, orientación y respaldo en términos financieros motivaría a las PyMEs a seguir con las tendencias de la industria mundial y adoptar tecnologías RFID que pertenecen a la Revolución 4.0.

La revolución 4.0 o industria 4.0 trae consigo la aplicación de diferentes tendencias y herramientas tecnológicas dentro de las que podemos encontrar el internet de las cosas, la cual es una de las que más está asociada con la cadena de abastecimiento, la fabricación de productos y está enfocada en parte a automatizar actividades que no agregan valor a los procesos, aportando soluciones para la transformación digital de las cadenas de suministro, esto va de la mano con el concepto de las etiquetas RFID y es lograr que las actividades de administración de inventarios se automaticen, que el objeto por medio de una etiqueta pueda transmitir información al entorno en tiempo real, mejorando la alineación entre la planeación y la ejecución.

Actualmente, optimizar y simplificar procesos, se ha convertido en un reto y a la vez en un problema que han adquirido las organizaciones para lograr un crecimiento exponencial y un desarrollo óptimo. Con el paso de los años, y atendiendo a los desafíos de la economía y del mercado, las empresas han orientado sus esfuerzos a robustecer los procesos logísticos. De esta forma, se está buscando una sincronización entre procesos internos, que aseguren una respuesta rápida ante las demandas y requerimientos de los clientes e incluso que puedan resolver obstáculos a nivel interno de forma ágil, lo cual asegurará el éxito de las organizaciones. Sumado a esto, con lo que respecta a la cadena de suministro, el control y la administración de inventarios siempre podrán tener oportunidades de mejora, sobre todo en las PyMEs. Por esto, es necesario un control adecuado y unificado, que permita a las organizaciones tomar decisiones acertadas por medio de información real, organizada y soportada por una tecnología apropiada para cada necesidad.

Los sistemas inteligentes, como la tecnología RFID, permiten la integración y sincronización mencionada, lo que ha mejorado de forma exponencial los procesos de inventarios en muchas organizaciones a nivel mundial. Es por esto que los temas de costos deben ser evaluados ya que la percepción de costo beneficio de las organizaciones es muy alta, y la tecnología es percibida como gasto y no como inversión. Por otro lado, es importante hablar de las tecnologías digitales como una realidad, evaluar sistemas RFID como uno más del mercado, y no como una solución a la cual solo podían acceder grandes multinacionales. Se entiende de sobremanera que deben hacerse estudios que incluyan temas presupuestales para ver en qué grado puede aplicarse la tecnología, así como estrategias de gestión del cambio que involucren a toda la organización a apostar por innovaciones que traerán beneficios y posteriormente ventajas competitivas en el mercado.

Se recomienda para futuros estudios, clasificar a las PyMEs de forma más homogénea para tener un estudio cada vez más certero de la situación actual y un diagnóstico que permita evaluar los puntos de dolor, las fortalezas de acuerdo al sector donde se encuentran y qué permitiría su crecimiento. De igual forma, para no tener sesgos en investigaciones futuras, es importante tener una muestra significativa para los estudios, de esta manera se lograrían tener modelos mucho más precisos, e incluso con más variables como se han realizado en otros sectores y lugares del mundo. Cabe mencionar, que las variables escogidas en este estudio fueron de acuerdo al

diagnóstico que se hizo a nivel país, y a lo que se podía obtener de las organizaciones que aceptaron responder la encuesta.

Ya que el entorno de la tecnología es muy competitivo y algunas veces incierto, se recomienda que las PyMEs tengan información constante y actualizada en temas de innovación, que les permita conocer soluciones tecnológicas y así como mejores prácticas, que puedan aplicarse a muchos problemas que puedan estar presentando en sus procesos actuales en la cadena de suministro. Lo anterior, les permitiría reinventarse y sobrevivir con la presión competitiva de empresas que si pueden adquirir sistemas que están a la vanguardia y que sean facilitadores de las operaciones cotidianas.

Como se mencionó y con base en los resultados, se evidencia que el apoyo del gobierno es vital para la adopción de tecnologías digitales por parte de las PyMEs, por lo tanto, se recomienda realizar futuras investigaciones que permitan establecer la relación entre el gobierno y la adopción e implementación de tecnologías RFID. Además, sería pertinente analizar como otros países con un desarrollo similar en TI a Colombia, incluso del sector de manufactura, perciben la adopción de RFID como solución tecnológica. Por último, ya que el modelo propuesto fue significativo y tuvo un buen ajuste, podría usarse como punto de partida, y ser aplicado con todas las recomendaciones indicadas, y en otras industrias para tener un diagnóstico cada vez más preciso de la tecnología e innovaciones en las PyMEs.

11. Referencias bibliográficas

- Aboelmaged, M., & Hashem, G. (2018). RFID application in patient and medical asset operations management: A technology, organizational and environmental (TOE) perspective into key enablers and impediments. *International Journal of Medical Informatics*, 118(June), 58–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.07.009>
- Acevedo, E., Arias, J., & Ramón, J. (2014). Análisis de los beneficios de la identificación por radiofrecuencia en un centro de distribución textil colombiano. *Avances: Investigación En Ingeniería*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.228>
- Alzate, I., & Boada, A. (2017). Ruta de soluciones para la gestión de inventarios en pymes del sector retail que comercialicen productos de alto volumen, con miras a respaldar su crecimiento en ventas. *Revista Espacios*, 38. <https://www.revistaespacios.com/a17v38n53/a17v38n53p13.pdf>
- Arguello, L., Nocobe Yeimi, & Menjura, L. (2018). *NIIF en pymes comerciales en Colombia*. 5, 64–75.
- Aziz, A. S. A., & Wahid, N. A. (2020). Do New Technology Characteristics Influence Intention to Adopt for Manufacturing Companies in Malaysia? *Advances in Economics, Business and Management Research*, 141, 30–35. <https://doi.org/10.2991/aebmr.k.200514.008>
- Banco Mundial. (2018). *Índice de Desempeño Logístico*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.OVRL.XQ?view=map&locations=CO>

- Calatayud, A., & Katz, R. (2019). Cadena de suministro 4.0: Mejores prácticas internacionales y hoja de ruta para América Latina. *Cadena de Suministro 4.0: Mejores Prácticas Internacionales y Hoja de Ruta Para América Latina*. <https://doi.org/10.18235/0001956>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2020). *Solicitud de información empresarial a la medida - Estadísticas de Manufactura*. <https://www.ccb.org.co/La-Camara-CCB>
- Camarero, L., Almazán, A., & Mañas, B. (2018). *Regresión Logística: Fundamentos y aplicación a la investigación sociológica Análisis Multivariante*. 1–61.
http://www2.uned.es/socioestadistica/Multivariante/Odd_Ratio_LogitV2.pdf
- Carvajal, K., Ossa, M., & Cataldo, A. (2018). Factores organizacionales y de entorno que predicen el uso de TIC en empresas chilenas: Una aplicación de redes neuronales. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26(2), 296–306. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000200296>
- Castillo, M. (2017). La Internet industrial para el cambio estructural en América Latina. *Cátedra Telefónica: Política y Regulación Telecomunicaciones e Internet América Latina - Europa*, 10–45. https://www.ibe.org/la-internet-industrial-para-el-cambio-estructural-en-america-latina_84562.pdf
- Celina, H., & Campos, A. (2016). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572–580.
- Chan, H. L., Choi, T. M., & Hui, C. L. (2012). RFID versus bar-coding systems: Transactions errors in health care apparel inventory control. *Decision Support Systems*, 54(1), 803–811. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.08.004>
- Chen, H., & Papazafeiropoulou, A. (2012). An empirical study for radio frequency identification (RFID) adoption by SMEs in the taiwanese information technology (IT) industry. *Asian Academy of Management Journal*, 17(2), 39–58.
- Chen, J., Cheng, C., & Huang PoTsang. (2013). Supply chain management with lean production and RFID application: A case study. *Expert Systems with Applications*, 40(9), 3389–3397. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.12.047>
- Choy, K. L., Ho, G. T. S., & Lee, C. K. H. (2017). A RFID-based storage assignment system for

- enhancing the efficiency of order picking. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 28(1), 111–129. <https://doi.org/10.1007/s10845-014-0965-9>
- Córdoba, M. (2015). Implementación de tecnologías como estrategia para fortalecer la productividad y competitividad de las PyMEs de la confección en Medellín. *Trilogía*, 7, 105–119. file:///Users/laurasastre/Downloads/Dialnet-ImplementacionDeTecnologiasEstrategiaParaFortalece-5192207.pdf
- Correa, A., Alvarez, C., & Gómez, R. (2010). Identification systems that use radiofrequency and barcodes and their relation with supply chain management. *Estudios Gerenciales*, 26(116), 115–141. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(10\)70126-1](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70126-1)
- Dabo, A.-A. A. (2017). Organisational Factors in RFID Adoption, Implementation and Benefits. *University of Central Lancashire*, June. [http://clouk.uclan.ac.uk/20740/1/20740 Dabo Al-Amin Final e-thesis %28Master Copy%29.pdf](http://clouk.uclan.ac.uk/20740/1/20740%20Dabo%20Amin%20Final%20e-thesis%20Master%20Copy.pdf)
- Dai, H., & Tseng, M. M. (2012). The impacts of RFID implementation on reducing inventory inaccuracy in a multi-stage supply chain. *International Journal of Production Economics*, 139(2), 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.06.005>
- DANE. (2014). Lineamientos para documentar la metodología de operaciones estadísticas, censos y encuestas por muestreo. *Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización*, 1–36. https://www.dane.gov.co/files/sen/lineamientos/DSO_020_LIN_01.pdf
- Delgado, S., Cruz, L., & Lince, E. (2019). *El Uso de Software libre en el control de inventarios*. https://www.researchgate.net/publication/337843178_El_Uso_de_Software_libre_en_el_control_de_inventarios
- Deloitte. (2018). IoT para el sector empresarial en América Latina. *Centro de Estudios de Telecomunicaciones de América Latina*, 250.
- Dini, M., & Stumpo, G. (2019). América Latina Un frágil desempeño y nuevos desafíos para las MIPYMES Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL. In *Cepal*.
- Dipole. (2019). *Etiquetas RFID: Qué son y qué aplicaciones tienen*. Dipole RFID. <https://www.dipolerfid.es/blog/categor-a-1/etiquetas-rfid-y-aplicaciones>

- Doss, R., Trujillo-Rasua, R., & Piramuthu, S. (2020). Secure attribute-based search in RFID-based inventory control systems. *Decision Support Systems*, 132(December 2019), 113270. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113270>
- Esau, M., & Seymour, L. F. (2019). Radio Frequency Identification Implementation Challenges. *Proceedings of ACM SAICSIT Conference*, 1–10.
- Espinal, A. C., Alvarez Lopez, C. E., & Gómez Montoya, R. A. (2010). Identification systems that use radiofrequency and barcodes and their relation with supply chain management. *Estudios Gerenciales*, 26(116), 115–141. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(10\)70126-1](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(10)70126-1)
- Fabila Echauri, A. M., Minami, H., & Izquierdo, J. (2013). La Escala de Likert en la evaluación docente : acercamiento a sus principios metodológicos. *Perspectivas Docentes*, 51, 31–40.
- Flamarique, S. (2017). *Gestión de operaciones de almacenaje*. Marge Books. <https://elibro-net.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/es/lc/bibliotecaean/titulos/43773>
- Fosso, S., Gunasekaran, A., Bhattacharya, M., & Dubey, R. (2016). Determinants of RFID adoption intention by SMEs: an empirical investigation. *Production Planning and Control*, 27(12), 979–990. <https://doi.org/10.1080/09537287.2016.1167981>
- Franco, M., & Urbano, D. (2019). Caracterización de las pymes colombianas y de sus fundadores: un análisis desde dos regiones del país. *Estudios Gerenciales*, 35(150), 81–91. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2019.150.2968>
- Frohmann, A., Mulder, N., & Olmos, X. (2018). Promoción de la innovación exportadora instrumentos de apoyo a las pymes. *Comisión Económica Para América Latina y El Caribe (CEPAL)*, 186.
- Fu, H. P., Chang, T. H., Lin, A., Du, Z. J., & Hsu, K. Y. (2015). Key factors for the adoption of RFID in the logistics industry in Taiwan. *International Journal of Logistics Management*, 26(1), 61–81. <https://doi.org/10.1108/IJLM-09-2012-0091>
- Fundacion de la innovación. (2010). El arte de innovar y emprender. *Cuando Ls Ideas Se Convierten En Riqueza*, 14, 25–27.

- Gómez, Pedro García, V., & Bernabé, B. (2018). Tecnología de Radiofrecuencia en Almacenes. *Revista Ciencia Administrativa*. <https://www.uv.mx/iiesca/files/2019/01/Vol8-2018-Especial.pdf>
- Gotor, E. (2009). *Estado del Arte en Tecnologías RFID*. 181.
- Gunasekaran, A., Rai, B. K., & Griffin, M. (2011). Resilience and competitiveness of small and medium size enterprises: An empirical research. *International Journal of Production Research*, 49(18), 5489–5509. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.563831>
- Gutiérrez, H., & Melgarejo, M. (2017). Clasificación Automática del Avance de Megaproyectos de Inversión Pública en Colombia, desde un Enfoque Técnico, Organizacional y Ambiental TT - Automatic Classification of Public Investment Megaprojects in Colombia from a Technical, Organizational and E. *Ingeniería*, 22(3), 377–395. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-750X2017000300377&lang=pt%0Ahttp://www.scielo.org.co/pdf/inge/v22n3/0121-750X-inge-22-03-00377.pdf
- Gutiérrez, J., Gutiérrez, J., & Asprilla, E. (2013). Dimensión de la gestión tecnológica en las pymes: Perspectiva colombiana. *Económicas CUC*, 34(2), 13–24.
- Gutiérrez, V., & Jaramillo, D. P. (2009). Review of the software available for inventory management in supply chains in Colombia. *Estudios Gerenciales*, 25(110), 125–153. [https://doi.org/10.1016/S0123-5923\(09\)70065-8](https://doi.org/10.1016/S0123-5923(09)70065-8)
- Hellström, D., & Wiberg, M. (2010). Improving inventory accuracy using RFID technology: A case study. *Assembly Automation*, 30(4), 345–351. <https://doi.org/10.1108/01445151011075807>
- Aplicaciones de la cadena de suministro de RFID - Etiquetado de productos, (2013). <https://www.iso.org/standard/55568.html>
- Jain, P., & Mondal, T. (2017). HFS Blueprint guide: Industry 4.0 services. *Accenture*, 46. www.hfsresearch.com%7Cwww.horsesforsources.com
- Jang, S.-H. (2010). An Empirical Study on the Factors Influencing RFID Adoption and Implementation. *Management Review: An International Journal*, 5(2), 55–73.

- Jituri, V. V. (2020). Radio Frequency Identification (Rfid) and Ease of Life. *International Journal of Research -GRANTHAALAYAH*, 8(8), 49–55.
<https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v8.i8.2020.811>
- Lei, Y., Guo, Y., Zhang, Y., & Cheung, W. (2021). Information technology and service diversification: A cross-level study in different innovation environments. *Information and Management, January*, 103432. <https://doi.org/10.1016/j.im.2021.103432>
- Liukkonen, M. (2015). RFID technology in manufacturing and supply chain. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 28(8), 861–880.
<https://doi.org/10.1080/0951192X.2014.941406>
- López, G. (2013). *Análisis de Regresión para la Estimación del Secuestro de Carbono Orgánico en Suelos*.
<https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/GabrielaLopezPineda.pdf>
- López, P., & Fachelli, S. (2016). Análisis de Regresión Logística. *Metodología de La Investigación Social Cuantitativa*, 1–18.
https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163570/metinvsoccua_a2016_cap3-10.pdf
- Mabad, T., Ali, O., Ally, M., Wamba, S. F., & Chan, K. C. (2021). Making Investment Decisions on RFID Technology: An Evaluation of Key Adoption Factors in Construction Firms. *IEEE Access*, 9, 36937–36954. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3063301>
- Maldonado, J., & Portilla, L. (2020). Procesos de innovación en la industria manufacturera colombiana. *Revista CEA*, 145–163.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22430/24223182.1395>
- Manzano, V. (2015). El tamaño de la muestra. *Chasqui. Revista Latinoamericana de Comunicación*, 0(68), 1–13. <https://doi.org/10.16921/chasqui.v0i68.1334>
- Medranda, A. (2016). Tecnología RFID al servicio de la logística. *Revista RETO*, 4(4), 77–90.
<http://revistas.sena.edu.co/index.php/RETO/article/viewFile/609/672>
- Ministerio de Comercio, I. y T. (2019). *Asegurados beneficios tributarios para inversión de las Pymes en ciencia, tecnología e innovación*.
<http://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/industria/asegurados-beneficios-tributarios-para->

inversion-d

- Ministerio de las Tecnologías de la información y comunicaciones de Colombia. (2008). *Plan Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones 2008-2019*. 165.
https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-8247_pe_plan_tic_colombia_2009_2018.pdf
- Ministerio TIC. (2018). Plan TIC 2018-2022. *El Futuro Digital Es de Todos*, 1–105.
https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-101922_Plan_TIC.pdf
- OECD. (2006). Radio-Frequency Identification (RFID): Drivers, Challenges and Public Policy Considerations. *Digital Economy Papers*, 110.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1787/231551650432>
- Oluyisola, O. E., Strandhagen, J. W., & Buer, S. V. (2018). RFID technology in the manufacture of customized drainage and piping systems: a case study. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 364–369. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.320>
- OMB. (2006). Standards and guidelines for statistical surveys. *Federal Register*, September, 41.
http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/statpolicy/standards_stat_surveys.pdf
- Orange. (2019). *Industria 4.0: 26 buenas prácticas en grandes empresas nacionales e internacionales*. <https://www.orange.es/static/pdf/IndustriaGrandesEmpresas.pdf>
- Ortiz, E., & Nagles, N. (2013). Gestión de Tecnología e Innovación. Teoría, proceso y práctica. In *Gestión de Tecnología e Innovación. Teoría, proceso y práctica*.
<https://doi.org/10.21158/9789587562552>
- Peña, O., & Da Silva Oliveira, R. (2016). Factores incidentes sobre la gestión de sistemas de inventario en organizaciones venezolanas. *Telos*, 18(2), 187–207.
- Piramuthu, S., Wochner, S., & Grunow, M. (2014). Should retail stores also RFID-tag “cheap” items? *European Journal of Operational Research*, 233(1), 281–291.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.08.051>
- Qalati, A., Li, W., Ahmed, N., Mirani, A., & Khan, A. (2021). Examining the factors affecting sme performance: the mediating role of social media adoption. *Sustainability (Switzerland)*,

13(1), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su13010075>

Rahman, S., Yang, L., & Waters, S. (2013). Factors affecting RFID adoption in Chinese manufacturing firms: An investigation using AHP. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 46, Issue 9). IFAC. <https://doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00571>

Ramanathan, R. (2014). Adoption of RFID technologies in UK logistics: Moderating roles of size, barcode experience and government support. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 230–236. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.07.024>

Ramírez, E., & Meléndez, F. (2014). *Sistemas RFID aplicados al control de grandes inventarios*.

Reyes, P. M., Li, S., & Visich, J. K. (2016). Determinants of RFID adoption stage and perceived benefits. *European Journal of Operational Research*, 254(3), 801–812. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.03.051>

RFID Journal. (2011). La firma colombiana de venta minorista Crystal Vestimundo planea un segundo proyecto piloto de RFID para artículos. *RFID Point. La Comunidad de RFID En Latinoamérica*. <http://www.rfidpoint.com/noticiasdestacadas/la-firma-colombiana-de-venta-minorista-crystal-vestimundoplanea-un-segundo-proyecto-piloto-de-rfid-para-articulos/>

RFID Magazine. (2010). Frigorífico Guadalupe se convierte en la primera compañía de Colombia que identifica ganado con RFID/EPC. *RFID Point*. <http://www.rfidpoint.com/casos-de-exito/frigorifico-guadalupe-se-convierte-en-la-primera-compania-de-colombia-que-identifica-ganado-con-rfidepc/>

Rocco, L., & Oliari, N. (2007). La encuesta mediante internet como alternativa metodológica. *VII Jornadas de Sociología*, 1–11. <http://www.aacademica.org/000-106/392%0Ahttp://www.aacademica.org/000-106/392%0Ahttp://cdsa.aacademica.org/000-106/392.pdf>

Rodríguez, J., Ferreras, M., & Núñez, A. (1991). Inferencia estadística, niveles de precisión y diseño muestral. *Reis - Centro de Investigaciones Sociológicas*, 139–162.

Ruiz, A. W. (2015). *Aplicación del modelado estadístico y la detección de señales en memoria de reconocimiento y potenciales evocados*.

https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/12303/TD_WALLACE_RUIZ_Agustin.pdf;jsessionid=2C5C9DFD0CD9D58949A6E69565C7CC59?sequence=1

Sain, J., & Wong, A. (2018). Transforming modern retail. *Accenture*.

https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-84/Accenture-Transforming-Modern-Retail-RFID-in-Retail-Study-POV-2018.pdf

Shi, P., & Yan, B. (2016). Factors affecting RFID adoption in the agricultural product distribution industry: empirical evidence from China. *SpringerPlus*, 5(1).

<https://doi.org/10.1186/s40064-016-3708-x>

Shteren, H., & Avrahami, A. (2017). The value of inventory accuracy in supply Chain management-case study of the yedioth communication press. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 12(2), 71–86. <https://doi.org/10.4067/S0718-18762017000200006>

Sotres, J. (2017). Industria 4.0. Aplicación de Tecnologías RFID para la mejora de procesos logísticos. *Uib*, 1–35.

Torres, A. (2011). *Caracterización de tecnologías RF-ID*. July, 1–7.

Trujillo, D., & Calderón, Ó. (2014). Metodología para la implementación de la tecnología identificación por radiofrecuencia en entornos industriales y sanitarios en Colombia. *Revista de Investigaciones - Universidad Del Quindío*, 25(1), 46–52. http://blade1.uniquindio.edu.co/uniquindio/revistainvestigaciones/adjuntos/pdf/1ebe_46-52.pdf

Villamizar, K. (2019). La revolución de los inventarios. *La Opinión*.

<https://www.laopinion.com.co/economia/la-revolucion-de-los-inventarios#OP>

Wen, L., Zailani, S., & Fernando, Y. (2009). Determinants of RFID Adoption in Supply Chain among Manufacturing Companies in China: A Discriminant Analysis. *Journal of Technology Management & Innovation*, 4(1), 22–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-27242009000100003>

Yang, J., Jiao, Y., & Zhang, C. (2011). A Binary Logit Estimation of Controllable Factors Affecting Adoption of RFID by Agro-food Firms. *EEE 8th International Conference on E-*

Business Engineering, 273–277. <https://doi.org/10.1109/ICEBE.2011.13>

Yang, M., Fu, M., & Zhang, Z. (2021). The adoption of digital technologies in supply chains : Drivers, process and impact. *Technological Forecasting & Social Change*, 169(May 2020), 120795. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120795>

Zhang, L. H., Li, T., & Fan, T. J. (2018). Radio-frequency identification (RFID) adoption with inventory misplacement under retail competition. *European Journal of Operational Research*, 270(3), 1028–1043. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.04.038>

Zhang, Y., Sun, J., Yang, Z., & Wang, Y. (2020). Critical success factors of green innovation: Technology, organization and environment readiness. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121701. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121701>

A.Anexo 1. Encuesta

Encuesta- Factores que influyen en la adopción de Tecnologías RFID para el control de Inventarios en las PyMES de Manufactura de Bogotá.

La siguiente encuesta se realiza con fin de comprender el proceso de administración de inventarios de su empresa.

DATOS DEL ENCUESTADO

FECHA

ENCUESTADOR

NOMBRE DE LA EMPRESA

NOMBRE DEL ENCUESTADO

CARGO

La implementación de nuevas tecnologías para la administración de inventarios va de la mano con tres factores importantes: la carencia de recursos económicos, carencia de personal idóneo y con conocimientos robustos en tecnologías digitales. (Choy, Ho & Lee 2017).

A continuación, se encuentran las preguntas que buscan darnos un diagnóstico de la situación actual de su empresa en el proceso de Administración de inventarios.

Para poder contestar las siguientes preguntas tenga en cuenta la siguiente escala Likert:

1. Totalmente en desacuerdo (como respuesta negativa)
2. En desacuerdo (como respuesta negativa)
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo (como repuesta neutra)
4. De acuerdo como (respuesta positiva)
5. Totalmente de acuerdo (como respuesta positiva)



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

Marque el cuadro de acuerdo a su respuesta:

1. ¿Se tiene procedimientos establecidos para la administración de inventarios donde se encuentren definidas las actividades de recepción, registro, control y responsabilidades sobre el mismo?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ¿Se tienen indicadores definidos para medir los resultados del área responsable del control de los inventarios?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. ¿Considera que el personal a cargo de administración de inventarios tienen el suficiente conocimiento y expertiz para el rol necesario en este campo?.

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Pregunta de selección Multiple con unica respuesta

4. Seleccione cuál de las siguientes técnicas de gestión de inventarios maneja la empresa:

- a. Análisis ABC
- b. Método EOQ
- c. Método PEPS (Primero en entrar, Primero en salir)
- d. VMI (Inventario administrado por proveedores)
- e. Conteo Cíclico
- f. Ninguno
- f. Otro: Cual? _____

5. ¿En qué parte de su proceso productivo considera que hay más oportunidad de implementar una solución tecnológica para el control de sus inventarios?

- Recepción
- Almacenamiento
- Producción
- Distribución
- Todas las anteriores

6. ¿Con qué periodicidad se hacen registros y controles del inventario ?

- Diaria
- Semanal
- Mensual

Otra ¿Cuál? _____

7. ¿Existe un área o rol dentro de la empresa responsable de la administración de inventarios?

1. Si
2. No

Especifique _____

8. ¿Existen políticas de inventarios?

1. Si
2. No

9. ¿Se realiza medición de la exactitud en el registro de los inventarios (ERI)?

1. Si
2. No

Si es afirmativo indique el ERI _____

10. ¿La empresa comprende la importancia de invertir en tecnologías que apoyen el proceso de inventarios, ya que la pérdida de los mismos ocasiona altas pérdidas económicas?

1

2

3

4

5

11. ¿Qué tipo de sistemas utiliza la organización para el control de inventarios?

- ERP
- Excel
- Ninguno
- Manual
- Otro _____ ¿Cuál?

12. ¿Qué tipo de identificación utiliza la organización para el control de inventarios?

- Código de barras
- Etiqueta SKU (Stock Keeping Unit)
- Codificación alfanumérica
- Ninguno
- Otro _____ ¿Cuál?

13. ¿Considera que el sistema de información actual para la administración de los inventarios es eficiente para el control de los mismos y para los niveles de servicio requeridos por las diferentes áreas de la organización?

1 2 3 4 5

14. ¿En los últimos dos años su empresa ha realizado innovaciones en términos de gestión de inventarios?

1. Si
2. No

Especifique si es el caso, qué tipo de innovación se ha hecho para el área

15. Si su respuesta es negativa en la pregunta 14, ¿por qué motivos su organización no ha introducido este tipo de innovaciones?

- Dificultad para conseguir financiamiento



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

- Costos muy elevados
- Falta de personal calificado
- No le interesa
- Periodo de retorno de la inversión demasiado largo
- Otros: _____

16. ¿Qué nivel de conocimiento tiene usted sobre la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia - RFID?

- Alto
- Medio
- Bajo
- Ninguno

17. ¿En su empresa los empleados han tenido capacitaciones con respecto a tecnologías digitales, tecnologías de la Revolución 4.0 o diferentes innovaciones que puedan aportarle a sus actividades diarias?

1. Si
2. No

Si la respuesta anterior fue afirmativa, ¿hace cuánto fue la última capacitación y qué temas se trataron?

18. ¿Tiene la empresa presupuesto destinado a inversión en tecnología para soportar los procesos de la cadena de abastecimiento, específicamente el de control de inventarios?

1. Si
2. No

En caso de ser afirmativo, indique el presupuesto asignado, si lo conoce

19. ¿Cuál (es) de los siguientes problemas ha tenido su organización debido a un deficiente manejo en la administración y control de inventarios? Marque una o varias respuestas

- Paros de producción
- Sobrecostos de almacenamiento
- Entrega inoportuna a los clientes
- Pérdida de inventario por obsolescencia
- Compras innecesarias de materiales e insumos

CONTEXTO

A continuación presentamos un contexto sobre la tecnología RFID el cual les permitirá contestar las preguntas enunciadas posteriormente.

La tecnología RFID es una herramienta de identificación de materiales que contiene toda la información del material en un “tag”, es una tecnología inalámbrica que permite la comunicación entre un lector y una etiqueta la cual es transmitida a los sistemas de información por medio de señales de radio; actualmente es utilizada en 4 grandes campos: control de accesos, servicios prepagados, autenticidad de productos y control de inventarios.

Dentro de las etiquetas utilizadas por RFID se tienen las etiquetas pasivas, y activas. Las etiquetas pasivas tienen un rango de lectura no mayor a 10 metros, es decir que esta es la distancia máxima a la se debe encontrar el lector para capturar la información y su alimentación proviene de la señal de transmisión; y por último se encuentran las etiquetas activas, las cuales tienen mayor capacidad de almacenamiento de datos, un mayor rango de captura y también tienen una fuente de alimentación interna.

En la implementación de esta tecnología en el proceso de administración de inventarios se encuentran las siguientes ventajas: la gran capacidad de almacenamiento de datos, visibilidad en tiempo real de la disponibilidad de los inventarios, facilidad en el rastreo, rapidez en la captura de la información, disminución de errores en toma de inventarios ocasionados por ser un proceso manual, reducción del tiempo en toma de inventarios, mayor precisión de la información, supervisión de procesos de fábrica en línea, eficiencia operacional permitiendo identificar cuellos de botella, seguridad y durabilidad de la etiqueta.

Así mismo dentro de las principales desventajas en el uso de esta tecnología, se encuentran el alto costo de la tecnología y el tener necesariamente una infraestructura robusta (hardware y software) para la lectura de la información.

La tecnología que representa la mayor competencia para el uso de RFID es el código de barras, a continuación presentamos algunas diferencias:

CODIGO DE BARRAS	RFID
Identifica productos iguales con el mismo código.	Cada producto es único, así sea iguales la información contenida en la etiqueta es diferente.
Se puede clonar por medio de una fotocopia.	No se puede clonar.
Tecnología de una sola lectura.	La lectura puede ser modificada innumerables veces por la capacidad de almacenamiento.
Su lectura es únicamente sobre superficies.	Su lectura se puede realizar en cualquier superficie.
Proceso semiautomático de captura de información.	Proceso automatizado de captura de la información.
Costo de implementación bajo.	Costo de implementación Alto.
Se deteriora fácilmente por el tipo de material.	Los materiales de la etiqueta permiten soportar drásticas condiciones medioambientales.
Precio 0.15 USD	Etiqueta Pasiva: Precio 10 USD Etiqueta Activa: Precio 40 USD

Hay que tener en cuenta que en la implementación de un sistema RFID se debe incurrir en costos importantes para el software y el hardware que permite la lectura y el tratamiento de la información de esta etiqueta (El cual oscila entre 600 USD hasta 2400 USD, estos valores pueden variar dependiendo de la empresa proveedora y estos costos son promedio de acuerdo al mercado)

20. ¿Influiría de forma positiva el apoyo de la gerencia de su empresa en la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. ¿Piensa que la disponibilidad de infraestructura en su empresa es limitante para la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

22. ¿Considera que la disponibilidad de los recursos financieros de su empresa son decisivos en la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

23. ¿Los beneficios percibidos de la tecnología RFID influenciarían directamente en la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. ¿El costo de la tecnología RFID frente a otros sistemas para el control de inventarios reduciría la posibilidad de la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

25. ¿Las habilidades y el conocimiento del personal tendría un efecto positivo en la implementación de tecnologías RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

26. ¿Considera que puede aumentar el valor y la satisfacción de sus clientes innovando en tecnología con la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

27. ¿La falta de innovación e Implementación constante de nuevas Tecnologías en los procesos es determinante para la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

28. ¿La cantidad de volumen de inventarios favorecería la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

29. ¿El apoyo del gobierno y los diferentes incentivos que existen actualmente para el desarrollo de TIC's en las Pymes aumentaría la probabilidad de la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

30. ¿Las dificultades que se presenten en la adopción de una nueva tecnología disminuiría la posible implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

31. ¿El que la competencia de su sector este a la vanguardia en los procesos tecnológicos, lo motivaría en la implementación de la tecnología RFID?

1	2	3	4	5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Factores que influyen en la adopción de tecnologías RFID
para el control de inventarios en las PyMEs de manufactura de
Bogotá

32. ¿Estaría la empresa dispuesta a invertir en un sistema de identificación por RFID para mejorar y optimizar el proceso de administración de inventarios?

1. Si
2. No