



TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE COACALCO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**SIMULACIÓN DISCRETA COMO APOYO EN LA DECISIÓN PARA LA
OPERACIÓN DE ALMACENES DE INSUMOS PYMES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

**CON LA ESPECIALIDAD EN:
CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD**

PRESENTA:

IRVING ZAMORATEGUI NAVA

98990250

DIRECTOR DE TESIS

M. en C. LEOPOLDO VIVEROS ROSAS

Coacalco de Berriozábal, Estado de México, Enero 2025

AGRADECIMIENTOS

La vida nunca ha sido ni será sencilla; sin embargo, he aprendido que, aunque debes enfrentar tus problemas por ti mismo, siempre necesitarás la ayuda de alguien para alcanzar tus metas; por lo que quiero agradecer en esta ocasión especial y única a mi gran equipo...

A mis hijas Martha Larissa y Paula Alondra, ha sido tan difícil y a la vez tan reconfortante ser su padre; la idea de que vean en mí a alguien con quien contar y de quien puedan sentir orgullo siempre ha alentado mis fuerzas y mi voluntad por crecer. **¡LAS AMO CON TODO MI SER!**

*"En la vida siempre habrá lucha, es la naturaleza de las cosas.
Pero en la vida, también hay esperanza y felicidad".*
Tai Kaliso

A mis padres Juan Luis y Norma Deli, gracias por enseñarme que el verdadero valor de las cosas se mide por la constancia, el esfuerzo y el tesón que se les imprime; que incluso las circunstancias más humildes pueden ser la base de grandes logros si se enfrentan con determinación. ¡Gracias!, este logro es por mucho para ustedes, les respeto y amo infinitamente.

"La vida es lo que sucede mientras haces otros planes".
John Lennon

A mis hermanos Juan Leopoldo, Erick Johans y a mi hermano por elección Rubén Donato; sin importar lo que ocurra, bueno y malo en nuestras vidas, ¡están ahí!, dándome el soporte que hace falta para sentirme capaz de alcanzar los logros; pues bien, este logro también es de ustedes.

"...hasta que deje de respirar!".
RDBG

A mis mentores de vida:

- Martha G. (†). Tu ejemplo, calidez, nobleza y convicción por hacer más para los demás... fuiste mi gran maestra e inspiración para ser una persona mejor, para entenderme a mí mismo. Por siempre atesoro tu bello recuerdo ¡jarochita!
- Laura y Arizbeth, gracias infinitas por lo que me regalaron, es el motor mismo de mi existir.

- Estrella, me has enseñado que el manejo de las emociones también es parte importante en la formación profesional y que, se debe fomentar su evolución para perfeccionarse a sí mismo; deseo que la vida nos permita seguir aprendiendo y alcancemos más metas mutuas.
- Coach Narda, gracias por conducirme a desarrollar algo de disciplina que me ha servido no sólo para el deporte.
- Donker a través de ti, entendí la verdadera esencia de la lealtad, la paciencia y el afecto más desinteresado; valoro que estés a mi lado en los días difíciles. ¡Tu huella está en mi vida!.

*“Educar no es dar carrera para vivir,
sino temprar el alma para las dificultades de la vida”
Pitágoras*

A mis mentores académicos:

- Ha sido invaluable su conocimiento y cátedra: Madre Gregoria Valdés, Rafael Foglia (†), Francisco Balderas (†), Sergio Maldonado y Jorge Torres.
- Y por supuesto, a mi profesor y asesor de tesis Leopoldo Viveros, gracias por compartirme su conocimiento con paciencia y esmero; su colaboración hacia mi formación es inolvidable.

*“Es sencillo hacer que las cosas sean complicadas,
pero difícil hacer que sean sencillas”.
Friedrich Wilhelm Nietzsche.*

A mis mentores de profesión:

- Esteban Lara (†), nunca olvidaré las buenas experiencias que me permitiste vivir en mis primeros pasos laborando en éste hermoso mundo de la ingeniería.
- Alberto Castillo y Maribel Medina, gracias por confiar en mí y permitirme formar parte de un gran equipo de trabajo.
- Carlos R. Pulido, eres una inspiración para emprender y aprender, te agradezco tantas enseñanzas, el presente está basado en tu obra “Fougasse” ...¡que siga siendo exitoso!.

*“Un líder es aquel que sabe el camino,
que lo sigue y que lo muestra a los demás”.
John C. Maxwell*

¡Gracias Tesco, has sido la elección correcta!

*“La única lucha que se pierde es la que se abandona”
Che Guevara*



GOBIERNO DEL
ESTADO DE MÉXICO



ACTA DE REVISIÓN DE TRABAJO RECEPCIONAL

En la ciudad de Coacalco de Berriozábal, Estado de México en el mes de **NOVIEMBRE** de **2024**, se reunieron los miembros de la Comisión Revisora designada por la Institución, para examinar el Trabajo Recepcional titulado:

"SIMULACIÓN DISCRETA COMO APOYO EN LA DECISIÓN PARA LA OPERACIÓN DE ALMACENES DE INSUMOS PYMES"

En la opción de Titulación, -

I. TESIS

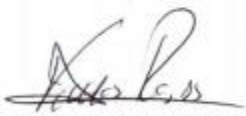
Presentado por el alumno (a):

ZAMORATEGUI NAVA IRVING

de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** con especialidad en **CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD** con número de cuenta **98990250**.

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron su **APROBACIÓN DEL TRABAJO RECEPCIONAL**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA


MTRO. LEOPOLDO VIVEROS ROSAS

PRESIDENTE


DR. MARIO LUIS CHEW HERNÁNDEZ

VOCAL


DRA. VERÓNICA VELÁZQUEZ ROMERO

SECRETARIO




MTRA. MARTHA LILIANA VÁZQUEZ TÉLLEZ

SUPLENTE

C.C.P., CONTROL ESCOLAR

EXPEDIENTE

RESUMEN

La industria restaurantera está conformada principalmente por microempresas ofreciendo empleo al 70% de las personas ocupadas, y en términos de producción generan 55.9% de ingresos, esta industria representa el 12.2% de todos los negocios del país. En la actualidad, para la operación de un restaurante se deben enfrentar diversos retos que garanticen el éxito y la rentabilidad del negocio. Se requieren superar desafíos relacionados con la adaptación a las nuevas tendencias del mercado, la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad del negocio. También se debe contar con un enfoque integral que abarque desde la planificación inicial hasta la operación diaria.

Uno de los problemas más comunes en las PYMES es el control de almacén, en este sentido se desarrolla un modelo de simulación de eventos discretos interactivo que permite dar claridad en la situación de decisión referente a las cantidades a ordenar para surtir la demanda en un restaurante. Se consideran cinco artículos en cada pedido, con el supuesto que es un mismo proveedor quien lo abastece; utilizando el modelo de pronóstico de suavizamiento exponencial con ajuste a la tendencia se permite al usuario interactuar para la colocación de ordenes observando las consecuencias de su decisión. Se generan 52 semanas en cada corrida de simulación y el modelo es escalable para cualquier cantidad de productos y semanas necesarias. El simulador permite observar gráficamente el comportamiento semanal del conjunto de decisiones que se toman cada semana.

ÍNDICE

ÍNDICE	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE ECUACIONES	v
CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	1
INTRODUCCIÓN	2
JUSTIFICACIÓN	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
ANTECEDENTES.....	11
OBJETIVOS	17
General	17
Específicos.....	17
HIPÓTESIS	17
ALCANCES Y LIMITACIONES	18
Alcance	18
Limitaciones	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	19
HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD.....	20
Diagrama de Pareto	21
Diagrama Causa - Efecto.....	21
METODOLOGÍA DE LAS 5 “S”	22
INVENTARIOS.....	24
Costos de inventario	25
Inventario de seguridad	27
Inventario de previsión	28
Inventario de tránsito.....	29
Cantidad económica de pedido (EOQ).....	30
Sistema de punto de reorden.....	30
PRONÓSTICOS	33

Análisis de tendencia	35
Promedio móvil simple.....	38
Suavizamiento exponencial	39
Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia	40
SIMULACIÓN	40
Simulación de sistemas.....	41
Simulación de sistemas continuos y simulación de sistemas discretos	42
Etapas para realizar un estudio de simulación.....	42
Modelación por simulación	43
CAPÍTULO III: DESARROLLO	44
Definición del sistema.....	45
Formulación del modelo	45
Colección de datos	46
Implementación del modelo en la computadora.....	48
Experimentación	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	50
Escenario 1	51
Análisis costo total	51
Análisis déficit.....	52
Análisis almacén.....	53
Escenario 2	53
Análisis costo total, escenario 2	54
Análisis déficit, escenario 2.....	55
Análisis almacén, escenario 2.....	55
CONCLUSIONES	56
REFERENCIAS	57
ANEXOS	60
Anexo I Participación en congreso	61
Primer Congreso Internacional en Estudios de Sostenibilidad Multisectorial	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Motivos de insatisfacción del cliente.....	7
Tabla 2. Responsabilidad de áreas en incidencias por desabasto	9
Tabla 3. Costos de inventario.	25
Tabla 4. Tabla de frecuencias de pedidos semanales	46
Tabla 5. Distribución de probabilidad para la demanda semanal Artículo 1.	47
Tabla 6. Función de Distribución de probabilidad para la demanda semanal Artículo 1.	47
Tabla 7. Condicionales para la generación de demandas aleatorias.	48
Tabla 8. Condicionales iniciales para la simulación.	49
Tabla 9. Condicionales iniciales para la simulación, escenario 2.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pareto de insatisfacción del cliente.	8
Figura 2. Diagrama de Ishikawa para la Insatisfacción del Cliente.	8
Figura 3. Pareto de incidencias de desabasto por responsabilidad de áreas	10
Figura 4. Diagrama Causa – Efecto de las causas de desabasto de mercancías en sucursales.	10
Figura 5. Representación gráfica del concepto de inventario promedio.	26
Figura 6. Sistema Q cuando la demanda y el tiempo de espera son constantes y se conocen con certeza.	31
Figura 7. Sistema Q cuando la demanda es incierta	32
Figura 8. Variación en las series de tiempo.	34
Figura 9. Forma y ecuación de una curva parabólica.	37
Figura 10. Diagrama de flujo para la generación de demanda Artículo 1.	47
Figura 11. Captura de pantalla de la implementación del sistema.	48
Figura 12. Captura de pantalla del código para la solicitud de pedido.....	49
Figura 13. Representación gráfica del costo anual x artículo.	51
Figura 14. Comportamiento costo anual artículo 1.	51
Figura 15. Captura de pantalla simulación artículo 1.	52
Figura 16. Captura de pantalla simulación artículo 2.	52
Figura 17. Captura de pantalla simulación artículo 3.	53
Figura 18. Representación gráfica del costo anual x artículo, escenario 2.....	54
Figura 19. Comportamiento costo anual artículo 1, escenario 2.	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Inventario en tránsito	29
Ecuación 2 Posición de inventario o Punto de reorden	31
Ecuación 3 Ecuación de la recta	35
Ecuación 4 Estimación de a y b en la ecuación de la recta	36
Ecuación 5 Ecuación de segundo grado para una serie de tiempo	36
Ecuación 6 Coeficientes de mínimos cuadrados para una tendencia de segundo grado	37
Ecuación 7 Estimación de promedio móvil simple	38
Ecuación 8 Error de pronóstico	38
Ecuación 9 Suavizamiento exponencial	39
Ecuación 10 Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia	40
Ecuación 11 Tendencia	40
Ecuación 12 Inventario	45
Ecuación 13 Déficit	45
Ecuación 14 Costo por déficit	45
Ecuación 15 Costo por almacén	46

CAPÍTULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con [1] El 94% de las empresas que existen en el mundo son Mipymes, es decir, cerca de 400 millones de empresas; convirtiéndose en la columna vertebral de las economías ya que representan uno de los principales motores en la innovación y el crecimiento económico de los países; en Brasil se tiene registro de 14.8 millones de Mipymes, en Uruguay 209 mil, en Colombia 495 mil; en Chile 235 mil mientras que en México 4.7 millones.

Los criterios para clasificar a las Mipymes son propios en cada país. Tradicionalmente, se utiliza el número de trabajadores para estratificar los establecimientos por tamaño, en México se clasifican de acuerdo a los siguiente [1]:

- Microempresa de 1 a 10 personas.
- Pequeña empresa de 11 a 50 personas.
- Mediana empresa de 51 a 250 personas.

El Sistema Clasificador Industrial de América del Norte, México (SCIÁN)[2] agrupa los Servicios en los siguientes sectores:

- 51 Información en medios masivos.
- 52 Servicios financieros y de seguros.
- 53 Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles.
- 54 Servicios profesionales, científicos y técnicos.
- 55 Corporativos.
- 56 Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos y desechos, y servicios de remediación.
- 61 Servicios educativos.
- 62 Servicios de salud y de asistencia social.
- 71 Servicios de esparcimiento, culturales y deportivos, y otros servicios recreativos.
- 72 Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas.

Dentro de la clasificación 72, se encuentra la subcategoría 722511 “Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida”; que son unidades económicas (restaurantes) dedicadas principalmente a la preparación de alimentos y bebidas para su consumo inmediato en las instalaciones del restaurante. Estas unidades económicas preparan y sirven los alimentos y bebidas en el mismo momento en que lo ordena el cliente de acuerdo con un menú y atendiendo instrucciones específicas (a la carta), o preparan una variedad de platillos diariamente y el cliente elige el de su preferencia para que le sea servido de inmediato (comida corrida). Los alimentos y bebidas le son servidos al cliente por personal de la unidad económica. [2]

La industria restaurantera está conformada principalmente por microempresas ofreciendo empleo a 70 de cada 100 personas ocupadas, y en términos de producción generan 55.9 de cada 100 pesos, esta industria representa el 12.2% de todos los negocios del país. [3]

En la actualidad, para la operación de un restaurante se deben enfrentar diversos retos que garanticen el éxito y la rentabilidad del negocio. Se requieren superar desafíos relacionados con la adaptación a las nuevas tendencias del mercado, la eficiencia operativa, la satisfacción del cliente y la sostenibilidad del negocio. También se debe contar con un enfoque integral que abarque desde la planificación inicial hasta la operación diaria. Se mencionan algunos de estos retos en el manejo de negocios de restauración. [4]

1. Conseguir licencias de operación.
2. Contratar, formar y retener personal.
3. Adquisición de clientes.
4. Gestión de servicio al cliente.
5. Control de costos.
6. Gestión de crisis y cambios imprevistos.

En este trabajo se utilizan herramientas de ingeniería industrial enfocadas hacia el control de costos, ya que la gestión financiera es fundamental para mantener la rentabilidad del restaurante, lo que implica realizar seguimientos detallados de gastos e ingresos, negociar mejores precios con proveedores y optimizar el inventario. [4]

El control de costos es vital para mantener la rentabilidad del negocio. Los propietarios y gerentes deben prestar atención a los precios de los ingredientes, buscar proveedores confiables, eficientes y optimizar los procesos de producción.

JUSTIFICACIÓN

Considerando que la productividad implica la mejora de procesos productivos, entendiendo que la mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y/o servicios; entonces la productividad es un índice que relaciona lo vendido y los recursos utilizados para hacerlo.

Por otro lado, se sabe que el inventario en un restaurante brinda un control preciso de los alimentos, bebidas y otros productos en almacén, fundamentales para el funcionamiento diario y la entrega de productos finales de calidad a los clientes. Un inventario adecuado y una gestión correcta son fundamentales para administrar cualquier negocio y mantener finanzas sanas.

Con el control de inventarios se conoce a fondo el establecimiento, se identifican platos y bebidas más rentables, se adquieren los ingredientes necesarios y evitan gastos innecesarios y déficit.

Los *costos de inventario* se refieren a los gastos incurridos por una empresa para administrar y mantener sus mercancías. Generalmente incluyen el costo de comprar, producir y almacenar los bienes, además de las materias primas, seguros, impuestos y gastos laborales, así como los costos por no satisfacer la demanda.

Los costes de escasez pueden ser muy elevados si hay un déficit de producto en el almacén. Un déficit puede incluso provocar la paralización total de la operación en los restaurantes. Pérdida de pedidos, retrasos en las entregas, cambio a la competencia son algunas de las consecuencias de la escasez. La escasez se debe a una gestión incorrecta de los materiales y a un aprovisionamiento defectuoso. La causa es un inventario contable demasiado pequeño en comparación con la demanda (gestión empresarial incorrecta). La

salida de existencias y el valor previsto de la demanda también pueden estimarse incorrectamente.

Se ha desarrollado un modelo que permita dar claridad en las decisiones referentes a los pedidos que se deban realizar y que permita observar el comportamiento de los costos de inventario, cantidad en almacén y producto en déficit ayudará al decisor en su entrenamiento para mejorar su desempeño como administrador de un restaurant.

Es el almacén es entonces, un lugar estratégico que contribuye de manera dinámica y constante al almacenamiento de mercancías, control de costos y gastos, control de producción y la eficiencia logística; vitales para el consumo de productos y el servicio a los comensales.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Panaderías Artesanales XYZ es una empresa nacida en 2021, caracterizada por la elaboración de pan artesanal, café de alta calidad y un menú moderno, de influencias francesas, españolas e italianas; cuenta actualmente con siete sucursales y un centro de producción centralizado y almacén de insumos directos e indirectos.

El almacén de una empresa Pyme del giro restaurantero, tiene por meta proveer de insumos directos e indirectos a las diferentes áreas de producción (producción de pan, producción de cocina, producción de barra), con la finalidad de brindar el servicio a sus comensales al momento de la venta. La directriz principal es que no se le debe negar al cliente ningún producto exhibido en el menú o en vitrina.

Con base en las encuestas de satisfacción de clientes y el diagrama de Pareto que se muestra en la Figura 1, se identifican las principales quejas de insatisfacción. La Tabla 1 muestra el concentrado de reclamos.

Tabla 1. Motivos de insatisfacción del cliente

Basado en encuestas de satisfacción a comensales durante un periodo de tres meses.

Motivo	Quejas	Frecuencia	Frecuencia Acumulada
No encontró algún producto del menú	12	34%	34%
Mala atención al cliente	9	26%	60%
Calidad del producto (no sabe igual)	7	20%	80%
Tiempo de espera excesivo	3	9%	89%
No hay lugar de estacionamiento propio	2	6%	94%
Limpieza inapropiada	1	3%	97%
Precio	1	3%	100%

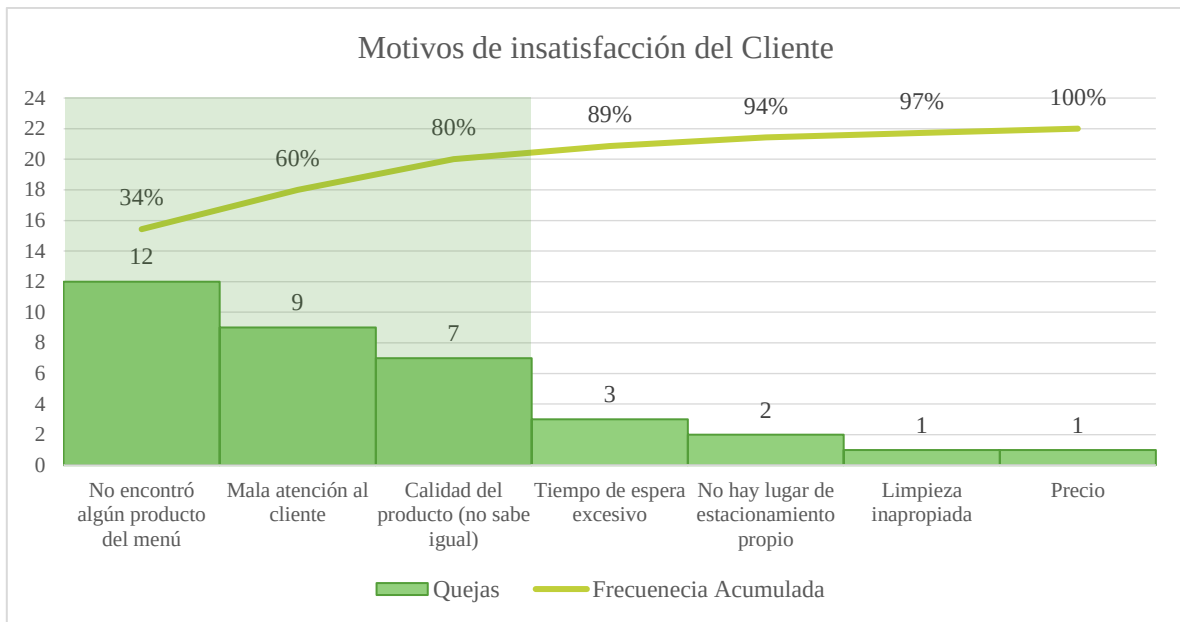


Figura 1. Pareto de insatisfacción del cliente.

De la Figura 1 se puede observar que el 80% de las quejas se desglosan en los siguientes motivos: “No encontró algún producto del menú 40%”, Mala atención al cliente 24%” y “Calidad en el producto 16%”.

De los tres motivos de insatisfacción del cliente, el almacén infiere indirectamente en dos de ellos. La Figura 2 muestra un diagrama de Ishikawa para analizar las causas de estos problemas.



Figura 2. Diagrama de Ishikawa para la Insatisfacción del Cliente.

En la Figura 2 se muestran las causas por las que se produce la insatisfacción del Cliente

El almacén, tiene características específicas de operación que requieren especial atención para su operación y que, a su vez, infieren entorpeciendo la operación:

- No cuenta con una plantilla amplia para la ejecución de tareas.
 - o El responsable es encargado de la Compra de insumos, la Coordinación del personal del almacén y del Reparto a sucursales.
 - o El almacén cuenta con 1 mesa de control, 2 almacenistas.
 - o El reparto consta de 2 unidades (2 choferes).
- El catálogo total de insumos directos e indirectos es de 234 artículos.
- El espacio de almacenamiento es reducido en comparación a la demanda que debe cubrir, por lo que es importante tener las mercancías justas que ocupen el espacio adecuado de almacenamiento.
- Se prioriza la expansión, por lo cual, el costo de venta funge como principal KPI (Indicador Clave de Rendimiento) con efecto directo al logro de utilidad operativa; el costo de compra de insumos directos no debe rebasar el 35% y el 7% en la compra del material de empaque.

Con base en el registro de incidencias de abasto en un periodo de cuatro meses, los motivos de desabasto provocados por las diferentes áreas staff y productivas se reparte como se muestra en el Diagrama de Pareto de la Figura 3.

Tabla 2. Responsabilidad de áreas en incidencias por desabasto

Basado en el registro de incidencias de desabasto en 4 meses

Motivo	Incidencias	Frecuencia	Frecuencia acumulada
Almacén	11	26%	26%
Sucursal	9	21%	47%
Compra	9	21%	67%
Reparto	5	12%	79%
Proveedor	5	12%	91%
Tesorería (pagos)	4	9%	100%

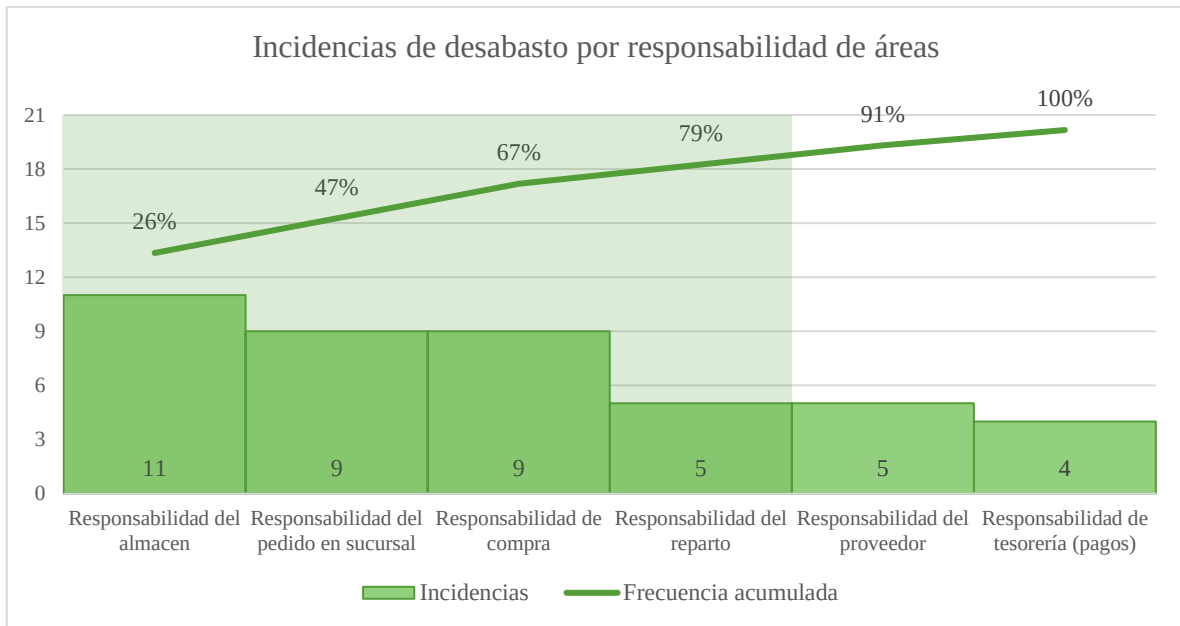


Figura 3. Pareto de incidencias de desabasto por responsabilidad de áreas

Se puede observar que en el almacén se encuentra el 26% de la problemática de desabasto de mercancías hacia las áreas productivas y de venta; en un análisis posterior, se identifican las principales problemáticas que afectan el funcionamiento adecuado de abasto.

Las problemáticas del almacén para cumplir con las necesidades de abasto en cada área productiva se clasifican de acuerdo con el siguiente diagrama de Ishikawa donde:

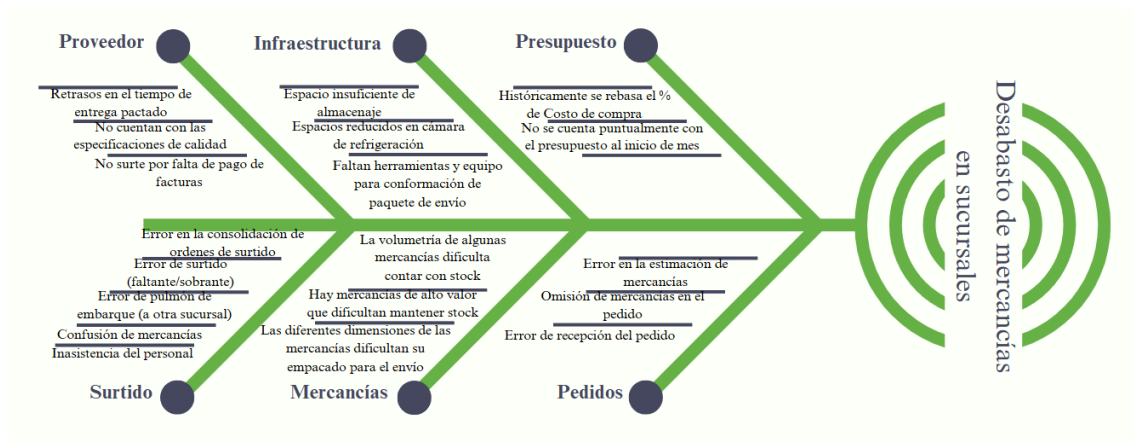


Figura 4. Diagrama Causa – Efecto de las causas de desabasto de mercancías en sucursales.

ANTECEDENTES

De acuerdo con [5], la simulación de eventos discretos es una herramienta de modelado computarizado que tiene como objetivo realizar una representación de un modelo de producción real para evaluar diferentes escenarios de mejora que, con ayuda de análisis estadísticos permite elegir las condiciones ideales de proceso para cumplir con los objetivos planteados. Las simulaciones de Monte Carlo es una técnica matemática que predice los posibles resultados de un evento incierto.

En [6] se presenta una descripción general del método que trata una clase de problemas en física matemática. Este método es, esencialmente, un enfoque estadístico para el estudio de ecuaciones diferenciales, o más generalmente, de ecuaciones integro-diferenciales que ocurren en diversas ramas de las ciencias naturales. La idea de utilizar un enfoque estadístico para la solución de los problemas anteriores le denominaron “Método de Monte Carlo».

El principio básico de una simulación de Monte Carlo radica [7] en la capacidad estadística de describir el comportamiento de un sistema.

De acuerdo con [5], la estructura general de simulación esta alineada con la formulación del problema, la recolección de datos, la formulación del modelo computarizado, la experimentación y las conclusiones.

De acuerdo con [8], la metodología de simulación de eventos discretos apareció en los años 60 del siglo XX gracias a la investigación de C. Shannon, un conocido científico estadounidense. Desde entonces se han desarrollado un gran número de herramientas informáticas: potentes procesadores cuya capacidad de procesamiento de datos permite resolver los problemas científicos más complejos; Instalaciones de interfaz gráfica de usuario (GUI), WIMP, DWIM. En la década de 1990 se desarrolló una metodología

fundamentalmente nueva, denominada modelado basado en agentes. Esta metodología permite describir las reglas y la lógica del sistema complicado utilizando los algoritmos del comportamiento de los agentes independientes. También aparecieron nuevas herramientas de software para crear modelos de simulación. Las plataformas más populares para el modelado de simulación son AnyLogic, Arena, Simio, NetLogo, Repast, FlexSim, etc.

La simulación de eventos discretos es utilizada por [9] para resolver un problema de planificación de producción con variables estocásticas en una planta de confección modular de una gran empresa con el fin de minimizar costos por lote, a través de un modelo de programación mixta, el cual se basa en resultados arrojados por un modelo de simulación de eventos discretos ejecutado en MSExcel y VBApplications.

En [10] se hace mención de que se observan aplicaciones de las simulaciones de Monte Carlo en el manejo de operaciones logísticas de cerámica; también mencionan que se han utilizado los números aleatorios producir procesos estocásticos en la estimación del valor de π .

Un diseño de simulación que implementa un sistema real utilizando simulador ProModel proporcionando una evaluación de diseño mejorado con un enfoque de método de almacenamiento dedicado, es decir, bienes o materiales colocados en una ubicación fija se muestra en [11]. Primero se recopila e identifica el sistema real para después simular la mejora con ProModel, dando como resultado un tiempo total de desplazamiento de 140,27 horas.

Un diseño novedoso de un sistema de almacenamiento semiautomático para aplicaciones de fabricación se muestra en [11]. El sistema diseñado es probado para el cumplimiento del nivel de desempeño solicitado por medio de un modelo de simulación de eventos discretos. Se Compara la distribución del almacén y el flujo de materiales de

estanterías en hileras convencionales con el nuevo sistema propuesto, Descubriendo que el nuevo sistema funciona con mayor eficiencia y requiere menos espacio.

El estudio y análisis de sistemas de fabricación flexibles, con el fin de conocer su comportamiento, incluso antes de su realización física, y establecer las bases científicas para su dimensionamiento, configuración. y patrones de simulación de sistemas de fabricación flexibles son presentados en [12]. Utilizan El software de simulación ARENA simulando un sistema de eventos discretos y describen las complejas interacciones entre recursos y procesos que tienen lugar dentro de un FMS.

El modelado sobre la estabilización del precio del pimiento rojo y mejorar la participación del agricultor tomando la mejor decisión mediante simulación discreta usando Monte Carlo se muestra en [13]. Se determina la política de oferta mediante la distribución en cada nivel con el objetivo de reducir el costo operativo.

En [14] se muestra la creación de un modelo de simulación de Mantenimiento Oportunista. Se considera que las opciones de mantenimiento son muy pequeñas. La determinación del cronograma de mantenimiento se basa en la oportunidad de tiempo creada por las condiciones del nivel de inventario, bloqueadas por el siguiente proceso o falta de material del proceso anterior. Se utiliza simulación de eventos discretos para generar el tiempo de llegada de falla del equipo y el tiempo de mantenimiento oportunista del mantenimiento programado y el tiempo de llegada del mantenimiento debido a las condiciones del inventario. También se lleva a cabo el proceso de replicación para comparar la disponibilidad de los equipos en condiciones reales y el valor esperado de disponibilidad a partir de la simulación. Finalmente, el mantenimiento programado puede ser una variable de decisión para elegir el mejor momento de mantenimiento ante fluctuaciones en la demanda.

Un problema de distribución se presenta en [15], en el cual se observa que la entrega de productos para satisfacer la demanda se realiza una vez por semana. A veces, la escasez de oferta ocurre cuando la producción semanal total y el stock inicial son menores que la demanda total. Esta escasez de oferta resulta en la pérdida de oportunidades. Mientras que en otras semanas hay exceso de inventario lo que genera costos de almacenamiento. La escasez o exceso de stock está relacionado con la ausencia de planificación de la producción y determinación de planes de producción semanales. Por lo tanto, es necesario determinar la cantidad óptima de producción semanal mediante una simulación del sistema. Los modelos de simulación se diseñan y traducen a fórmulas en hojas de trabajo de Microsoft Excel. Mientras que los datos sobre el número de solicitudes se generan utilizando como referencia el patrón de distribución de la demanda semanal.

La evaluación basada en un caso de estudio de la línea de montaje en una empresa proveedora de componentes automotrices mediante el estudio de eventos discretos es presentada en [16]. Se analizan diferentes operaciones de procesamiento en términos de productividad y utilización efectiva de los recursos disponibles. El modelo propuesto se configura tomando datos reales mediante técnicas de estudio de tiempos de cada estación de trabajo y proceso a lo largo de la línea de producción. Todos los procesos, desde la llegada de las materias primas, la forja hasta el embalaje de los productos finales, se estudian y sus datos se utilizan para configurar un modelo de simulación. Los resultados de la simulación han elaborado un sentido realista y una contribución significativa hacia la mejora del rendimiento de todos los procesos involucrados en la línea de producción.

Por su parte, en [17] se comenta que el problema de vendedor de periódicos es una forma especializada de un problema de inventario general que analiza la habilidad de toma de decisiones de un comerciante, un minorista en particular, que enfrenta incertidumbre en la forma de la demanda de uno o más productos perecederos. La vida útil de un producto perecedero depende del dominio. Este ha sido uno de los problemas de discusión más interesantes y buscados, ya que proporciona una plataforma simplista para iniciar las discusiones. Analizan el problema del minorista, que trata con dos productos perecederos

utilizando la simulación Monte Carlo y compara su eficiencia con el método Fractile teórico estándar.

Problemas en las líneas de espera son tratados en [18]. Comentan que, en los restaurantes de comida rápida, las colas generalmente se producen durante la pausa del almuerzo o la hora de la cena. El propósito su estudio fue determinar el modelo de líneas de espera que se presenta en el área de caja. Se utiliza el software Anylogic para el desarrollo del modelo de simulación.

En [19] se comenta que, dada la mayor disponibilidad de datos y tecnologías asistidas por computadora, como MRPII, ERP y el sistema MES que permiten a los productores adaptarse mejor a la dinámica del mercado y mejorar la programación de la producción; la integración de la programación de la producción y los sistemas de modelado, simulación y visualización por computadora pueden ser útiles en el análisis de las limitaciones del sistema de producción relacionadas con la eficiencia de los sistemas de fabricación. Propone una metodología de integración basada en un método de generación de modelos semiautomático para eliminar los problemas asociados con la complejidad del modelo y el proceso de creación del modelo de simulación que requiere mucho tiempo y mano de obra.

Un análisis para determinar las fallas que se presentan en los sistemas y brindar una alternativa viable para la mejora de este se presenta en [20]. Mencionan que, actualmente las empresas se ven obligadas a mejorar continuamente su productividad para mantenerse en una industria muy competitiva, utilizan el software ProModel como herramienta principal para el desarrollo del modelo del sistema actual y su análisis para interpretar las dificultades del sistema y buscar una alternativa de mejora.

Un modelo de simulación para la gestión de servicios al paciente ayuda a evaluar la carga de trabajo de los médicos de la clínica, determinar el número de médicos generales,

cirujanos, traumatólogos y otros médicos especializados necesarios para el servicio al paciente y desarrollar recomendaciones para garantizar la prestación oportuna de atención médica y mejorar la eficiencia del funcionamiento de la clínica se presenta en [8].

En [21] se comenta que, debido a la gran demanda, las empresas deben cumplir el pedido y aumentar la producción siendo la productividad uno de los determinantes más fundamentales e importantes del sistema de producción. La medición de la productividad ayuda a identificar los problemas y encontrar soluciones para mejorar el rendimiento del sistema. Presentan un estudio que tiene como objetivo realizar pruebas a través del sistema de simulación de producción; con un sistema de simulación de eventos discretos.

OBJETIVOS

General

Aplicar herramientas de ingeniería industrial que permitan el desarrollo de un modelo de simulación de eventos discretos que permita dar claridad de acción en las decisiones referentes en el manejo de almacén para un restaurante MIPyME.

Específicos

- Desarrollar análisis estadístico de la operación del almacén del restaurante.
- Generar modelo de simulación de eventos discretos.
- Generar escenarios que permitan dar claridad en situaciones de decisión.

HIPÓTESIS

Es posible generar un modelo de apoyo de decisión que de claridad de acción entre las alternativas de operación de un almacén para un restaurante.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Alcance

Este trabajo se enfoca en el desarrollo de un modelo de simulación discreta para entrenamiento en toma de decisiones referente a las alternativas sobre colocación de pedidos y mantenimiento es stock. Se concentra en la variable aleatoria de la demanda y hace uso de las distribuciones de probabilidad que se obtienen de datos históricos de consumo. Únicamente se considera como variable aleatoria la demanda, pero el modelo permite la inclusión de más variables aleatorias como pueden ser el tiempo de entrega, el tamaño de lote, condiciones específicas de pedido entre otras.

Limitaciones

El modelo de desarrollado aún no presenta la automatización total para su uso de marea autónoma, sin embargo, con ayuda de un analista se pueden introducir los cambios necesarios para su inclusión.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

HERRAMIENTAS DE LA CALIDAD

En [22] se mencionan las herramientas desarrolladas por el Dr. Kaoru Ishikawa, quien decía que “el control de calidad consiste en desarrollar, diseñar producir y anunciar nuestros productos y servicios con la más efectiva estrategia para ahorrar costos y que los clientes compren nuestros productos sabiendo que son buenos”.

También en [22] se describen estas herramientas, que son frecuentemente utilizadas para resolver problemas de control de calidad en las organizaciones y se les conoce como las siete herramientas de calidad o QC7.

1. **Gráficos.** Con las gráficas, la información es presentada fácilmente para comparar cantidades o cambio en las cantidades. También son utilizadas para acomodar información, compartir información con otros y tomar decisiones.
2. **Hoja de verificación.** Estas son tablas usadas para organizar el tipo de información y verificar su cumplimiento.
3. **Diagrama de Pareto.** El diagrama de Pareto clasifica problemas y defectos por tipo y el orden de las cantidades y muestra los totales acumulados.
4. **Diagrama de Causa-Efecto.** El diagrama de causa y efecto acomoda sistemáticamente los resultados de los efectos y los factores que los influyen. Con esta información nosotros podemos aclarar las causas y las razones que posiblemente influyen en el problema que estamos estudiando.
5. **Diagrama de Dispersión.** Los diagramas de dispersión ayudan a determinar las relaciones entre dos variables, ya sea que estén asociadas o no, o que estén correlacionadas una con la otra.
6. **Histograma.** El histograma es una muestra gráfica de información numérica en la forma de barras verticales. Con los histogramas podemos aprender muchas cosas incluyendo cuánta variación o diferencia contiene un grupo de números.

7. **Gráficos de Control.** Se utiliza para entender si estamos lidiando con causas comunes o causas con variaciones especiales. Esta es información extremadamente importante que debemos saber cuándo trabajamos con control de calidad en todos los niveles de nuestra organización.

Diagrama de Pareto

Una breve descripción para el desarrollo de este diagrama se muestra en [22]. Este diagrama es útil para identificar los efectos importantes de un proceso y las causas que los originan. La Ley de Pareto dice que de cualquier conjunto de eventos que pueden asociarse a un suceso, solamente unos pocos contribuyen en forma significativa mientras que los demás son secundarios. Generalmente hay únicamente 2 o 3 causas que explican más de la mitad de las ocurrencias del suceso.

Procedimiento para construir el diagrama de Pareto:

- 1) Categorice los datos por tipo de problema.
- 2) Determine la frecuencia y ordene en forma decreciente.
- 3) Represente la frecuencia relativa con barras.
- 4) Superponga la ojiva de la frecuencia relativa acumulada.
- 5) Determine cuales son las causas más importantes que inciden en el suceso de interés.

Diagrama Causa - Efecto

De acuerdo con [23], un aspecto importante del análisis de procesos consiste en vincular cada medición con los insumos, métodos y pasos del proceso que incorporan en el servicio o producto un atributo en particular. Una forma de identificar un problema de diseño consiste en crear un diagrama de causa y efecto, que relacione un problema clave de desempeño con sus posibles causas. Desarrollado originalmente por Kaoru Ishikawa, este

tipo de diagrama ayuda a la gerencia establecer una relación directa entre las desconexiones y las operaciones donde éstas se originan. Las operaciones que no tienen relación alguna con un problema en particular no aparecen en el diagrama.

El diagrama de causa y efecto se conoce a veces como diagrama de espina de pescado. La principal brecha de desempeño se rotula como la “cabeza” del pescado; las categorías más importantes de las posibles causas se representan como las “espinas” estructurales; y las causas probables específicas aparecen como las “espinas menores”. Al elaborar y utilizar un diagrama de causa y efecto, el analista identifica todas las categorías importantes de las posibles causas del problema. Podrían ser, por ejemplo, aquellas que se refieren al personal, las máquinas, los materiales y los procesos. Para cada categoría importante, el analista elabora una lista de todas las causas probables del problema de la brecha de desempeño. El pensamiento creativo ayuda al analista a identificar y clasificar correctamente todas las presuntas causas. Posteriormente, el analista investiga de modo sistemático las causas anotadas en cada categoría importante del diagrama y se va actualizando a medida que se van evidenciando nuevas causas. El proceso de construir un diagrama de causa y efecto obliga a los gerentes y trabajadores a concentrar su atención en los principales factores que afectan calidad del producto o servicio.

METODOLOGÍA DE LAS 5 “S”

En [24] se menciona que una metodología aplicada en los lugares de trabajo para eliminar desperdicios y alcanzar una mayor productividad mediante la organización y la limpieza son las “5’S. Las cuales parten de un concepto japonés que engloba 5 aspectos representados con la letra «s» (en japones), puesto que así son fáciles de recordar e implementar. Cada uno es un paso que permite identificar y eliminar aquellas cosas que obstaculicen la productividad. Para ello, entonces el principal objetivo de las 5’S es organizar y garantizar la seguridad en los lugares de trabajo para establecer las bases de una disciplina que lleve a la mejora continua de la empresa.

Por desperdicios, según esta metodología, se refieren a aquellas tareas o procesos que se interponen en el camino de la productividad. Algunos de los más comunes son el excedente de producción y de inventario, como productos o materiales que ya no se utilizan y ocupan espacio en almacenes; defectos, puesto que requiere más esfuerzo para corregirlos y tiempos muertos en espera de piezas o información [24]. Al deshacerse de estos desperdicios, la productividad mejorará notablemente. Si se cuentan con los materiales suficientes, las herramientas correctas en el lugar adecuado y el equipo listo, las personas no tendrán que esperar o realizar tareas previas antes de realizar su labor. Indicador fundamental de la productividad.

Se dice en [24] que esta metodología empodera a las personas a realizar acciones teniendo en cuenta sus sugerencias para mejorar los espacios; logrando así un mayor compromiso de los trabajadores tanto en la calidad del trabajo como en las tareas para mantener limpia y organizada la empresa.

Brevemente se describen cada una de las “S” consideradas en esta metodología [24].

1. **Seiri (clasificación).** Este término hace referencia a la revisión de todos los artículos o pasos de los procesos para identificar cuáles son esenciales para completar tareas. Si alguna herramienta o instrucción no tiene una función, es mejor deshacerse de ellas.
2. **Seiton (organización).** Teniendo en cuenta lo que debe eliminarse y lo que es esencial, se deberá organizar. Aquí aplica el principio de un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. El acomodo y almacenamiento debe ser sistemático, de manera que todos en el equipo sepan dónde encontrar las cosas.
3. **Seiso (limpieza).** La limpieza de los espacios, así como de las herramientas o equipos de trabajo es algo que tiene un impacto en la seguridad, ya que, al limpiar derrames y otros desperfectos, se reduce la posibilidad de un accidente. Además, cuando se verifica que una máquina esté limpia y funcione de forma adecuada, se

tiene la seguridad de que no existan posibles daños que se traduzcan en paros en la producción.

4. **Seiketsu (estandarización).** Este es uno de los pasos más importantes de las 5 S, ya que mide el progreso de las acciones emprendidas y busca formas de mantenerlas ya que se establecen las bases y reglas de cómo y cuándo se llevarán a cabo.
5. **Shitsuke (disciplina).** Es en este momento que se disponen de todas las piezas para echar a andar este método, existe un componente clave para que este método funcione: la disciplina. La palabra japonesa Shitsuke se puede traducir como «hazlo sin que te lo digan», un compromiso que se puede convertir en parte de la cultura de la empresa para optimizar continuamente sus oficinas.

INVENTARIOS

En [25] se dice que de acuerdo con Thierauf y Grose, aproximadamente a principios de 1915, se dio atención al desarrollo de métodos matemáticos destinados a ayudar a quien toma las decisiones en el establecimiento de niveles óptimos e inventario. Desde entonces se han aplicado a los problemas de administración de inventarios, instrumentos analíticos cada vez más refinados. La razón de que se haya dado mayor atención a los inventarios es que, para muchas empresas, esa cifra es la partida mayor que aparece del lado del activo en los balances. Los problemas de inventario relacionados con cantidades en existencia muy pequeña o demasiado grandes, pueden ser la causa del fracaso de los negocios.

En este sentido una preocupación fundamental de la administración de inventarios consiste en desarrollar políticas de inventario que aminoren los costos totales de operación de la empresa, es decir, una política de inventario contesta las preguntas ¿cuánto hay que pedir? y ¿cada cuándo hay que pedir?

Costos de inventario

De acuerdo con [25] los costos en que puede incurrir una empresa a consecuencia de los niveles de inventario que establezca, pueden agruparse en tres categorías: los dos primeros costos -costos de pedidos y costos cargados al inventario- se igualan uno a otro en los modelos de inventarios. El tercer costo es la pérdida que sufre la empresa si hay faltantes en sus existencias. Pueden perderse ventas si los inventarios no son adecuados para satisfacer las demandas de los consumidores, o la producción puede detenerse si los inventarios críticos son insuficientes para llenar sus necesidades.

Por otra parte, los costos de pedido que se incurren cada vez que se coloca un pedido, comienzan con la requisición de compra. Otros costos incluyen la expedición de la orden de compra, el seguimiento de la misma, recibo de los artículos, su colocación en el inventario y pago a los vendedores [25].

En la Tabla 3 se muestra alguna clasificación de costos en los que se incurre cuando se maneja inventario.

Tabla 3. Costos de inventario.

Artículos Comprados	Artículos Manufacturados	Mantenimiento del inventario
Requisiciones	Requisiciones	Intereses (sobre el dinero invertido en inventarios)
Orden de compra (que incluye expedición)	Disposición	Seguros
Acarreo	Recibo e inspección	Impuestos
Recibo e inspección	Almacenamiento	Almacenamiento
Almacenamiento	Contabilidad y auditoría:	(calefacción, alumbrado, refrigeración)
Contabilidad y auditoría:	Inventario	Obsolescencia y depreciación
Inventario	Costos del producto	
Desembolsos		

En el desarrollo del modelo de inventario de la cantidad económica de la orden o pedido (EOQ por sus siglas en ingles), se requiere hacer ciertas suposiciones con respecto a la compra de un solo artículo de inventario. Primero, la demanda del artículo es de una tasa constante y determinística; y quien toma las decisiones la conoce de antemano. Segundo, se conoce también el tiempo de adelanto o tiempo de entrega, que es el tiempo transcurrido entre la colocación del pedido y su recibo en el inventario, o el tiempo necesario para adquirir un artículo.

De acuerdo con estas suposiciones, el número de unidades en inventario en cualquier tiempo dado se muestra en la Figura 5. Considerando que Q sea el tamaño del pedido, habrá que notar que el número de las unidades en el inventario sea igual a Q , cuando cada nuevo pedido se reciba físicamente en el inventario, y que el inventario se agota gradualmente hasta que llega a cero, precisamente en el punto que se recibe el nuevo pedido (para este caso se considera un tiempo de entrega igual a cero). Puede observarse que el inventario promedio ($Q/2$), es igual a la mitad del número de unidades del tamaño del lote. Además, cada nuevo pedido se recibe en el inventario exactamente en el momento en que se agota el pedido anterior [26].

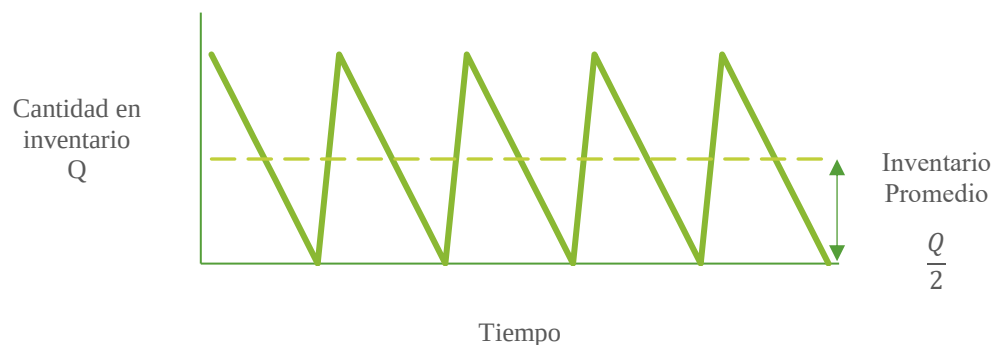


Figura 5. Representación gráfica del concepto de inventario promedio.

La palanca primaria para reducir el inventario de ciclo consiste simplemente en reducir el tamaño del lote. Sin embargo, el hecho de efectuar tal reducción en Q , sin realizar ningún

otro cambio, puede ser devastador. Por ejemplo, los costos de preparación pueden dispararse. Si estos cambios ocurren, se pueden utilizar dos palancas secundarias [27]:

1. Racionalizar los métodos para colocar pedidos y preparar las máquinas a fin de reducir los costos por hacer pedidos y los de preparación, y permitir que Q sea menor.
2. Incrementar la repetibilidad para suprimir la necesidad de realizar cambios o alteraciones. La repetibilidad es el grado hasta el cual se puede realizar el mismo trabajo otra vez. La repetibilidad puede incrementarse mediante una alta demanda del producto, el uso de la especialización, la asignación de recursos exclusivos a un producto, el uso de una misma parte en muchos productos diferentes, la automatización flexible, la aplicación del concepto de un trabajador, múltiples máquinas, o bien, la tecnología de grupo. Un mayor grado de repetibilidad puede justificar el uso de nuevos métodos de preparación, reducir los costos de transporte y lograr que los proveedores otorguen descuentos por cantidad.

Inventario de seguridad

Para evitar problemas en el servicio al cliente y ahorrarse los costos ocultos de no contar con los componentes necesarios, las compañías mantienen un acopio de seguridad. Ese inventario de seguridad consiste en mantener un excedente de inventario que protege contra la incertidumbre de la demanda, el tiempo de espera y los cambios en el abastecimiento. Los inventarios de seguridad son convenientes cuando los proveedores no entregan la cantidad deseada, en la fecha convenida y con una calidad aceptable, o cuando en la manufactura de los artículos se generan cantidades considerables de material de desperdicio o se requieren muchas rectificaciones [27].

La palanca primaria para reducir el inventario de seguridad consiste en hacer los pedidos en una fecha más próxima a aquella en la cual deberán recibirse. Sin embargo, es posible que este método dé lugar a un servicio inaceptable para el cliente, a menos que la

incertidumbre de la demanda, la oferta y la entrega pueda minimizarse. En estas condiciones se pueden utilizar cuatro palancas secundarias [27]:

1. Mejorar los pronósticos de demanda para que haya menos sorpresas en el comportamiento de los clientes. Tal vez incluso sea posible alentar a éstos a que pidan mercancía antes de que la necesiten.
2. Abreviar los tiempos de entrega de los artículos comprados o fabricados a fin de reducir la incertidumbre de la demanda. Por ejemplo, siempre que sea posible, habrá que seleccionar proveedores locales que ofrezcan tiempos de entrega cortos.
3. Reducir la incertidumbre de la oferta. Los proveedores pueden ser más fiables si los planes de producción se comparten con ellos. Las sorpresas a causa de rectificaciones o por desperdicios inesperados pueden ser menos frecuentes si se logra mejorar los procesos de manufactura. El mantenimiento preventivo minimiza los tiempos de inactividad inesperados a causa de fallas del equipo.
4. Depender más de amortiguadores de equipo y mano de obra, como los colchones de capacidad y la capacitación interdisciplinaria de los trabajadores. Estos amortiguadores son importantes para las empresas del sector de servicios, ya que, por lo general, les es imposible mantener inventarios de sus servicios.

Inventario de previsión

El inventario que utilizan las empresas para absorber las irregularidades que se presentan a menudo en las tasas de demanda y oferta se conoce como inventario de previsión. Los patrones de demanda estacional predecibles se prestan para el uso del inventario de previsión. Las irregularidades en la demanda provocan que un fabricante acumule un inventario de previsión durante los periodos de baja demanda, a fin de no tener que incrementar demasiado sus niveles de producción cuando la demanda alcance sus puntos máximos[27].

La palanca primaria para reducir un inventario de previsión consiste simplemente en igualar la tasa de demanda con la tasa de producción. Las palancas secundarias se emplean para emparejar la demanda de los clientes en alguna de las siguientes formas[27]:

1. Agregar nuevos productos con diferentes ciclos de demanda, de modo que un punto máximo en la demanda de un producto compense el punto bajo estacional de otro.
2. Organizar campañas de promoción de ventas fuera de temporada.
3. Ofrecer planes de precios de temporada.

Inventario de tránsito

El inventario en tránsito está constituido por los pedidos que se han colocado, pero que todavía no se han recibido. El inventario en tránsito entre dos puntos ya sea para transporte o producción, puede medirse como la demanda promedio durante el tiempo de espera, D_L , que es la demanda promedio del artículo por periodo (d) multiplicada por el número de periodos comprendidos dentro del tiempo de espera del artículo (L), para moverse entre los dos puntos, es decir, [27]:

Ecuación 1 Inventario en tránsito

$$\text{Inventario en tránsito} = D_L = dL$$

Debido a que el inventario en tránsito es una función de la demanda durante el tiempo de espera, la palanca primaria consiste en reducir el tiempo de espera. Dos palancas secundarias pueden ayudar a los gerentes en la reducción de los tiempos de entrega[27]:

1. Buscar proveedores que tengan mejor capacidad de respuesta y seleccionar nuevos transportistas para que se hagan cargo de los embarques entre las localidades en las que se almacenan los inventarios, o mejorar el manejo de materiales dentro de la planta. La adquisición de un sistema de computadoras podría eliminar los retrasos de la información entre el centro de distribución y el comercio detallista.
2. Disminuir el valor de Q , por lo menos en los casos en que el tiempo de espera depende del tamaño del lote. Los trabajos pequeños generalmente requieren menos tiempo para llevarse a cabo.

Cantidad económica de pedido (EOQ)

Los administradores trabajan bajo presiones contradictorias para mantener inventarios suficientemente bajos para evitar costos excesivos por mantenimiento de inventario, pero suficientemente altos para reducir los costos por hacer pedidos y los costos de preparación. Un buen punto de partida para equilibrar esas presiones antagónicas y determinar el mejor nivel del inventario de ciclo para un artículo consiste en calcular la cantidad económica de pedido (EOQ, del inglés economic order quantity); es decir, el tamaño de lote que permite minimizar los costos totales anuales por mantenimiento de inventario de ciclo y hacer pedidos. El método para determinar la EOQ se basa en las siguientes suposiciones [27]:

1. La tasa de demanda del artículo es.
2. No existen restricciones para el tamaño de cada lote.
3. Los dos únicos costos relevantes son el de mantenimiento de inventario y el costo fijo por lote, tanto de hacer pedidos como de preparación.
4. Las decisiones referentes a un artículo pueden tomarse independientemente de las decisiones correspondientes a los demás.
5. El tiempo de espera es constante y se conoce con certeza. La cantidad recibida es exactamente la que se pidió y las remesas llegan completas y no en partes.

La cantidad económica de pedido será óptima cuando se satisfacen las cinco suposiciones.

Sistema de punto de reorden

La posición de inventario (IP, del inglés inventory position), o punto de reorden, mide la capacidad del artículo para satisfacer la demanda futura. Esto incluye las recepciones programadas (SR) (del inglés scheduled receipts), que consisten en los pedidos que ya se hicieron pero que aún no se han recibido, más el inventario disponible (OH, del inglés on-

hand inventory), menos los pedidos aplazados (BO, del inglés backorders). A veces, las recepciones programadas se conocen como pedidos abiertos. Dicho en forma más específica [27]:

Ecuación 2 Posición de inventario o Punto de reorden

$$IP = OH + SR - BO$$

Donde,

IP = Posición de inventario

OH = Inventario disponible

SR = Recepciones programadas

BO = Pedidos aplazados

La Figura 6 ilustra cómo funciona el sistema cuando la demanda y el tiempo de espera son constantes. La línea cuya pendiente es descendente representa el inventario disponible, el cual se va agotando a ritmo constante. Cuando llega al punto de reorden R (la línea horizontal), se coloca un nuevo pedido por Q unidades. El inventario disponible continúa disminuyendo durante todo el tiempo de espera, L , hasta que al fin se recibe el pedido. En ese momento, que marca el final del tiempo de espera, el inventario disponible aumenta en Q unidades. El nuevo pedido llega precisamente cuando el inventario se reduce a 0. El tiempo entre pedidos (TBO) es el mismo para cada ciclo [27].

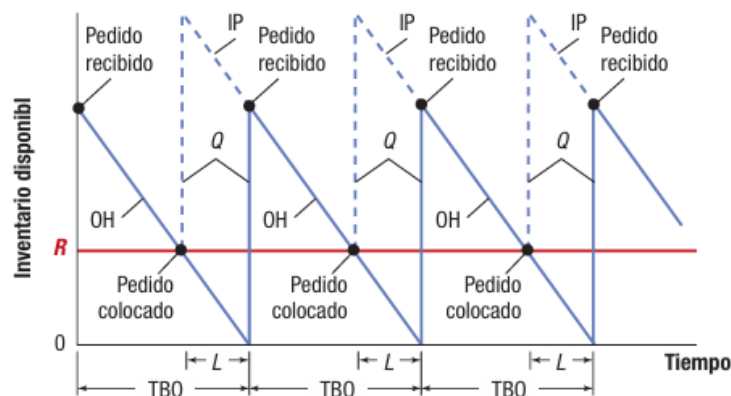


Figura 6. Sistema Q cuando la demanda y el tiempo de espera son constantes y se conocen con certeza.

En realidad, la demanda y los tiempos de entrega no siempre son previsibles. Esta situación genera la necesidad de contar con inventarios de seguridad. Este método creará un inventario de seguridad, o un inventario superior a la demanda esperada, de 10 unidades (46 – 36) como protección contra la incertidumbre de la demanda. En general [27],

$$\text{Punto de reorden} = \text{Demanda promedio durante el tiempo de espera} + \text{Inventario de seguridad}$$

La Figura 7 ilustra cómo funciona el sistema cuando la demanda y el tiempo de espera son inciertos.

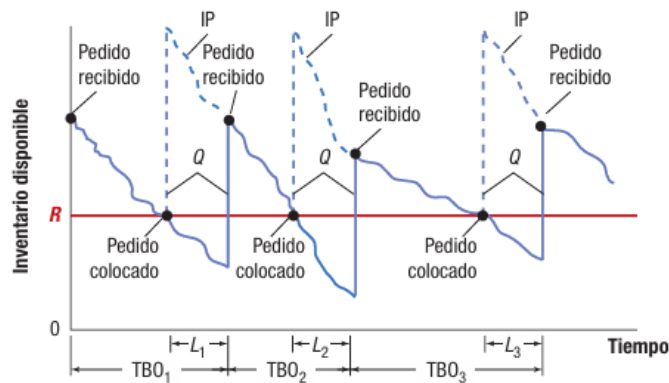


Figura 7. Sistema Q cuando la demanda es incierta

Se supone que la variabilidad de los tiempos de entrega es insignificante y que, por lo tanto, se puede considerar como una constante, tal como se hizo en desarrollo del modelo EOQ.

La línea ondulada con pendiente descendente indica que la demanda varía de un día a otro. La pendiente es más pronunciada en el segundo ciclo, lo que significa que la tasa de demanda es más alta durante este periodo. La tasa de demanda cambiante denota que el tiempo entre pedidos es variable, de modo que $TBO_1 \neq TBO_2 \neq TBO_3$. Debido a la incertidumbre de la demanda, las ventas durante el tiempo de espera son imprevisibles y se añade un inventario de seguridad como medida de protección contra posibles pérdidas de

ventas. Esta adición explica por qué R es más alto. También explica por qué el inventario disponible generalmente no se ha reducido a 0 en el momento en que llega un pedido de reabastecimiento. Cuanto más grande sea el inventario de seguridad, y por ende más alto sea el punto de reorden R , tanto menos probable será que se presente un desabasto [27].

PRONÓSTICOS

En [26] se dice que los pronósticos, o predicciones, son una herramienta esencial en cualquier proceso de toma de decisiones y sus aplicaciones varían desde la determinación de los requerimientos de inventario de una pequeña zapatería hasta la estimación de las ventas anuales de juegos de video. La calidad de los pronósticos que los tomadores de decisiones pueden realizar está estrechamente relacionada con la información que puede extraerse y utilizarse a partir de los datos históricos. El análisis de series de tiempo es un método cuantitativo que se utiliza para determinar patrones de comportamiento en los datos recolectados a través del tiempo.

El análisis de series de tiempo se utiliza para detectar patrones de cambio o permanencia en la información estadística en intervalos o periodos regulares. Se proyectan estos patrones para obtener una estimación para el futuro. En consecuencia, el análisis de series de tiempo permite manejar la incertidumbre asociada con los acontecimientos futuros [26].

Con respecto en una variable de interés, existen cuatro tipos de cambio o variación implicados en el análisis de series de tiempo. En la Figura 8 se muestra un ejemplo de cada una de estas variaciones [26].

1. Tendencia o variación secular. El valor de la variable tiende a aumentar o disminuir en un periodo muy largo. El incremento estable en los costos de vida registrados en el Índice de Precios al Consumidor (IPC) es un ejemplo de tendencia secular. Figura 8 (a).

2. Fluctuación o variación cíclica. El ejemplo más común de fluctuación cíclica es el ciclo económico. A través del tiempo, hay años en los que el ciclo económico llega a un pico arriba de la línea de tendencia. Figura 8 (b).
3. Variación estacional. Este tipo de variación implica patrones de cambio en el lapso de un año que tienden a repetirse anualmente. Por ejemplo, un médico puede esperar un aumento sustancial en el número de casos de gripe cada invierno y de afectados de tifoidea cada verano. Figura 8 (c).
4. Variación irregular. En muchas situaciones, el valor de una variable puede ser completamente impredecible cambiando de manera aleatoria. Las variaciones irregulares describen esos movimientos. Los efectos que el conflicto de Medio Oriente en 1973, la situación de Irán en 1979-1981, etc. Figura (9).

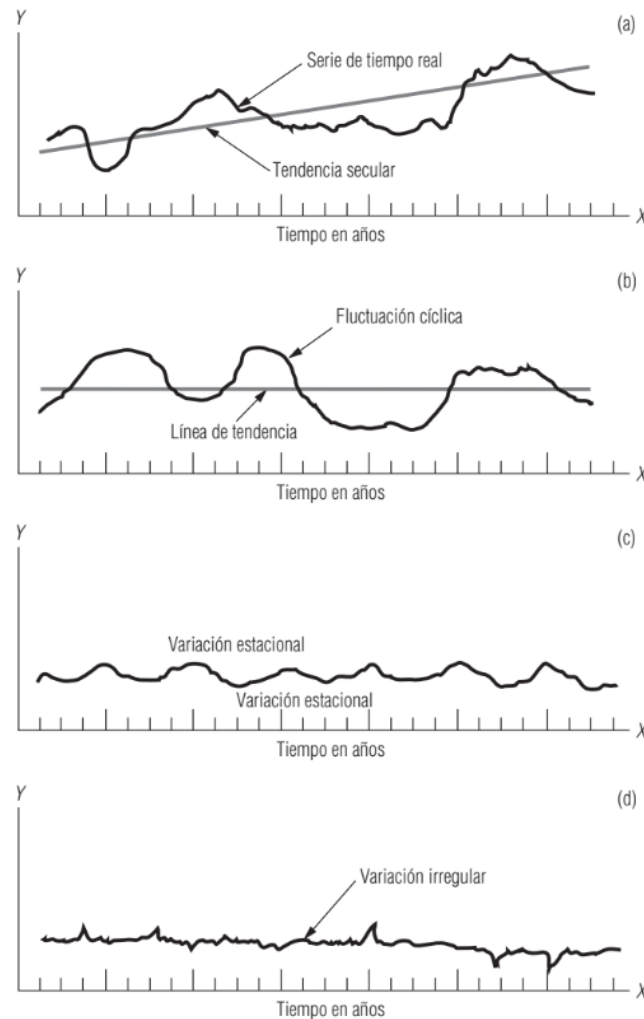


Figura 8. Variación en las series de tiempo.

Análisis de tendencia

Una manera de describir la componente que corresponde a la tendencia es ajustar visualmente una recta a un conjunto de puntos de una gráfica. Pero cualquier gráfica dada estará sujeta a interpretaciones que varían de un individuo a otro. También se puede ajustar una línea de tendencia con el método de mínimos cuadrados [26].

De acuerdo con [26], se conocen tres razones por las cuales resulta útil estudiar las tendencias seculares:

1. Permite describir patrones históricos.
2. Permite la proyección de patrones o tendencias pasados al futuro.
3. Permite eliminar la componente de tendencia de la serie.

Las tendencias pueden ser rectas o curvilíneas (logarítmicas, exponenciales, potenciales y polinómicas).

Ajuste de tendencia lineal con mínimos cuadrados

La ecuación 4 se conoce como la ecuación de la recta-pendiente, ya que se conoce la pendiente o inclinación de la recta y se conoce la ordenada al origen. se conoce la pendiente:

Ecuación 3 Ecuación de la recta

$$\text{Ecuación para estimar una recta } \hat{Y} = a + bX$$

Donde,

- $\hat{Y}$ = valor estimado de la variable dependiente
- X = variable independiente (tiempo en el análisis de tendencia)
- a = ordenada al origen (el valor de $\hat{Y}$ cuando $X = 0$)
- b = pendiente de la recta de tendencia

Se puede describir la tendencia general de muchas series de tiempo utilizando una línea recta, utilizando el método de mínimos cuadrados para calcular la recta o ecuación de mejor ajuste. Las ecuaciones 5 permiten el cálculo de los parámetros de una línea recta por el método de mínimos cuadrados.

Ecuación 4 Estimación de a y b en la ecuación de la recta

Pendiente de la recta de regresión de mejor ajuste	$b = \frac{\Sigma XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\Sigma X^2 - n\bar{X}^2}$
Ordenada Y de la recta de regresión de mejor ajuste	$a = \bar{Y} - b\bar{X}$

Donde:

- Y observaciones de la variable dependiente
- X observaciones de la variable independiente
- $\bar{Y}$ media de las observaciones de la variable dependiente
- $\bar{X}$ media de las observaciones de la variable independiente
- n número de datos en la serie de tiempo
- a ordenada al origen
- b pendiente de la recta

Ecuación de segundo grado en una serie de tiempo

Es importante reconocer que algunas series de tiempo se describen mejor por curvas que por rectas. En estos casos, el modelo lineal no describe de manera adecuada el cambio en la variable conforme pasa el tiempo. Para vencer este problema se utiliza una curva cuadrática, que se describe matemáticamente por una ecuación de segundo grado. La Ecuación 6 se utiliza para estas situaciones. La Figura 12 muestra una representación de esta ecuación [26].

Ecuación 5 Ecuación de segundo grado para una serie de tiempo

$$\hat{Y} = a + bx + cx^2$$

Donde,

- $\hat{Y}$ = estimación de la variable dependiente
- a, b y c constantes numéricas
- x valores codificados de la variable tiempo

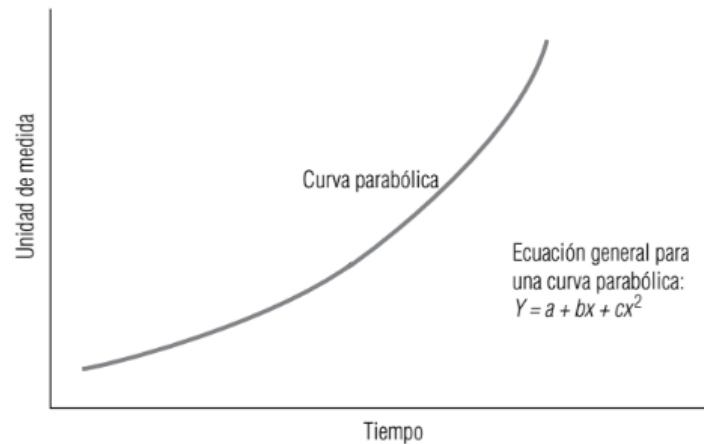


Figura 9. Forma y ecuación de una curva parabólica.

Para la determinación de los parámetros de este modelo, se utilizan las ecuaciones que se presentan en Ecuación 7.

Ecuación 6 Coeficientes de mínimos cuadrados para una tendencia de segundo grado

Ecuaciones para encontrar a,b y c
para ajustar una parabólica



$$\begin{cases} \Sigma Y = \alpha n + c \Sigma X^2 \\ \Sigma x^2 Y = \alpha \Sigma x^2 + c \Sigma x^4 \\ b = \frac{\Sigma xY}{\Sigma x^2} \end{cases}$$

Promedio móvil simple

Con el fin de medir la variación estacional, es común usar el método de razón de promedio móvil. Esta técnica proporciona un índice que describe el grado de variación estacional. El índice está basado en una media de 100, con el grado de estacionalidad medido por las variaciones respecto a la base [26].

La aplicación de un modelo de promedio móvil requiere simplemente calcular la demanda promedio para los n -periodos más recientes, con el fin de usarla como pronóstico para el siguiente periodo. Para el periodo siguiente, una vez que se conoce la demanda, la demanda más antigua incluida en el promedio anterior se sustituye por la demanda más reciente y luego se vuelve a calcular el promedio. De esta manera, se usan las n -demandas más recientes y el promedio se “mueve” de un periodo a otro [26]. La Ecuación 8 se utiliza para este modelo.

Ecuación 7 Estimación de promedio móvil simple

$$F_{t+1} = \frac{\text{Suma de las últimas } n \text{ demandas}}{n} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n}$$

Donde

- D_t = demanda real en el periodo t
- n = número total de periodos incluidos en el promedio
- F_{t+1} = pronóstico para el periodo $t + 1$

El error de pronóstico es simplemente la diferencia que se obtiene al restar el pronóstico de la demanda real en cualquier periodo determinado, este cálculo se realiza con la Ecuación 9 [26].

Ecuación 8 Error de pronóstico

$$E_t = D_t - F_t$$

Donde

- E_t = error de pronóstico en el periodo t
- D_t = demanda real del periodo t
- F_t = pronóstico para el periodo t

Suavizamiento exponencial

De acuerdo con [26] el suavizamiento exponencial es un sofisticado método de pronóstico de promedios móviles ponderado que sigue siendo bastante fácil de usar. Implica mantener muy pocos registros de datos históricos. La fórmula básica para el suavizamiento exponencial es:

Ecuación 9 Suavizamiento exponencial

$$F_T = F_{T-1} + \alpha (A_{T-1} - F_{T-1})$$

Donde

- F_T = nuevo pronóstico
- F_{T-1} = pronóstico del periodo anterior
- α = constante de suavizamiento exponencial o ponderación ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- A_{T-1} = demanda real en el periodo anterior

El valor apropiado de la constante de suavizamiento, α , puede hacer la diferencia entre un pronóstico preciso y uno impreciso. Se eligen valores altos de cuando el promedio subyacente tiene probabilidades de cambiar. Se emplean valores bajos de cuando el promedio en que se basa es bastante estable. Al elegir los valores de la constante de suavizamiento, el objetivo es obtener el pronóstico más preciso [26].

Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

En [26] se comenta que, con el suavizamiento exponencial ajustado por la tendencia, las estimaciones del promedio y de la tendencia se suavizan. Este procedimiento requiere dos constantes de suavizamiento: α para el promedio y β para la tendencia. Después se calcula el promedio y la tendencia para cada periodo con la siguiente ecuación:

Ecuación 10 Suavizamiento exponencial con ajuste de tendencia

$$F_T = \alpha A_{T-1} + (1-\alpha)(F_{T-1} + T_{T-1})$$

Ecuación 11 Tendencia

$$T_T = \beta (F_T - F_{T-1}) + (1 - \beta)T_{T-1}$$

Donde

- F_T = pronóstico suavizado exponencialmente de la serie de datos incluidos en el periodo T.
- T_T = Tendencia suavizada exponencialmente en el periodo T.
- A_T = demanda real en el periodo anterior.
- α = constante de suavizamiento para el promedio ($0 \leq \alpha \leq 1$).
- β = constante de suavizamiento para la tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$).

El valor de la constante de suavizamiento de la tendencia, β , se parece a la constante α porque una β alta responde más rápido a cambios recientes de una tendencia. Una β baja da menos peso a las tendencias más recientes y tiende a suavizar la tendencia actual [26].

SIMULACIÓN

De acuerdo con [28] para Thomas H. Naylor, Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas. las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo.

Simulación de sistemas

Partiendo de la definición de sistema como conjunto de cosas que ordenadamente relacionadas entre sí contribuyen a determinado objeto. Se trata de una definición sencilla pero que pone de manifiesto los caracteres relevantes de lo que constituye el denominado enfoque sistémico: contemplación del todo y no de las partes aisladamente, acento en las relaciones entre las partes [29].

Construcción de modelos matemáticos

El ejercicio de construcción del modelo del sistema comienza por la construcción de un modelo conceptual del sistema, representación equivalente lógica aproximada del sistema real que, como tal, constituye una abstracción simplificada del mismo, que a continuación se traduce en un modelo apto para su ejecución en un ordenador. El proceso de modelización o construcción del modelo implica [29]:

- Identificación de las entidades principales del sistema y de sus atributos característicos.
- Identificación y representación de las reglas que gobiernan el sistema que se quiere simular.
- Captación de la naturaleza de las interacciones lógicas del sistema que se modeliza.
- Verificación de que las reglas incorporadas al modelo son una representación válida de las del sistema que se modeliza.
- Representación del comportamiento aleatorio.

Población fuente

La característica básica de la población fuente es su dimensión, finita o infinita. En la práctica el número de máquinas que han de ser atendidas por un servicio de mantenimiento

sería un ejemplo de población finita, mientras que las piezas que llegan a una máquina para ser sometidas a una operación, aunque en si es un número finito, su tamaño puede ser tan grande en relación con la capacidad de servicio, que sin introducir un error apreciable puede considerarse a efectos de modelización como una población infinita [29].

Simulación de sistemas continuos y simulación de sistemas discretos

En general los modelos matemáticos de tipo dinámico representan sistemas continuos, es decir sistemas en los que las actividades predominantes del sistema causan pequeños cambios en los atributos de sus entidades, cuando las relaciones entre ellas describen las tasas o ratios de cambio de los atributos, por lo que, en general, tales modelos están definidos formalmente por ecuaciones diferenciales [29].

Cuando esto no es posible se recurre a procedimientos numéricos para resolver las ecuaciones del modelo, especialmente en el caso de los modelos dinámicos representados por ecuaciones o sistemas de ecuaciones diferenciales, como en los ejemplos de la dinámica de poblaciones y de tráfico. Con el tiempo se ha ido desarrollando una amplia variedad de métodos numéricos de cálculo para resolver las ecuaciones de los modelos, una técnica numérica particular es la que denominamos Simulación de Sistemas, que consiste en un seguimiento a lo largo del tiempo de los cambios que tienen lugar en el modelo dinámico del sistema [29].

Etapas para realizar un estudio de simulación

De acuerdo con [28] la mayoría de los autores opinan que los pasos necesarios para llevar a cabo un experimento de simulación son:

1. Definición del problema y planificación del estudio.

2. Recogida de datos.
3. Formulación del modelo matemático.
4. Construcción y verificación del programa para computador del modelo.
5. Ejecuciones de prueba del modelo.
6. Validación del modelo.
7. Diseño de los experimentos de simulación.
8. Ejecución de los experimentos.
9. Análisis de los resultados.

El proceso no es, en general, secuencial, sino iterativo, en el que algunos de los pasos pueden tener que repetirse en función de los resultados intermedios.

Modelación por simulación

La Modelización por Simulación («Simulation Modelling») supone que se puede describir un sistema en unos términos que son aceptables para un computador para poder describir sus cambios. Para aquellos sistemas cuyos cambios son discretos el concepto clave es el de la descripción del estado del sistema. Si un sistema puede ser caracterizado por un conjunto de variables, de manera que cada combinación de valores de las variables represente un estado único, o condición del sistema, entonces la manipulación de las variables simula el movimiento del sistema de estado a estado [29].

La simulación busca, duplicar el comportamiento dinámico de algún aspecto de un sistema, real o propuesto, sustituyendo las propiedades esenciales del sistema simulado por las propiedades del sistema que lo simula [29].

CAPÍTULO III: DESARROLLO

Definición del sistema

La cafetería en cuestión coloca órdenes de productos de manera semanal. Al estar interesados en garantizar la satisfacción de la demanda, se pone un costo mayor al faltante que al almacén. En la colocación de cada orden se debe considerar también un inventario de seguridad. Se considera el tiempo de entrega inmediato, y todas las ventas que no se hagan se consideran ventas perdidas.

Formulación del modelo

La variable para simular será la demanda de consumo de cada uno de los productos que se solicitan.

Se utiliza el modelo de suavizamiento exponencial con ajuste a la tendencia para calcular el pronóstico se utilizan las ecuaciones (10) y (11). El cálculo del pronóstico es únicamente como apoyo al decisor.

De acuerdo con el pedido para la semana y la demanda simulada se desarrolla el cálculo del déficit o del inventario.

Ecuación 12 Inventario

$$\begin{aligned} & \text{Si } Pedido_T + Inventario_{T-1} \geq Demanda_T \\ \Rightarrow & Inventario_T = Pedido_T + Inventario_{T-1} - Demanda_T \end{aligned}$$

Ecuación 13 Déficit

$$\begin{aligned} & \text{Si } Pedido_T + Inventario_{T-1} \leq Demanda_T \\ \Rightarrow & Déficit_T = Demanda_T - Pedido_T + Inventario_{T-1} \end{aligned}$$

Ecuación 14 Costo por déficit

$$\text{Costo por déficit}_T = \text{Costo unitario por déficit} \times \text{Cantidad en déficit}_T$$

Ecuación 15 Costo por almacén

$$\text{Costo por almacén}_T = \text{Costo por almacén} \times (\text{Cantidad en almacén}_T + \text{Cantidad en almacén}_{T-1})$$

Colección de datos

Se recolectan datos históricos de los insumos necesarios para la operación del restaurante, en esta ocasión se consideran cinco insumos, almendra fileteada, brisket CAB, Jocoque, Leche Entera y Matcha Patissier. En la Tabla 4 se muestra la distribución de frecuencias de pedidos semanalmente.

Tabla 4. Tabla de frecuencias de pedidos semanales

Artículo 1 Almendra Fileteada		Artículo 2 Brisket CAB		Artículo 3 Jocoque		Artículo 4 Leche Entera		Artículo 5 Matcha Patissier	
#Pedido Semanal	Frecuencia	#Pedido Semanal	Frecuencia	#Pedido Semanal	Frecuencia	#Pedido Semanal	Frecuencia	#Pedido Semanal	Frecuencia
0	12	0	5	0	11	0	1	0	5
5	1	20	2	4	1	6	1	0.1	6
10	3	24	2	5	1	19	1	0.2	5
15	4	25	5	6	2	21	1	0.25	3
20	3	26	1	10	4	24	1	0.3	2
		30	4	12	1	25	3	0.4	2
		32	2	14	1	26	1		
		36	1	16	2	27	3		
		40	1			28	3		
						29	1		
						30	1		
						36	1		
						37	2		

Con la distribución de frecuencias presentada en la Tabla 4, se crean las condiciones para la generación de variables aleatorias por el método de la transformada inversa y el método de composición descritos en [28].

A continuación, se utiliza el artículo 1, almendra fileteada para ilustrar el proceso. La distribución de probabilidad $f(x)$ para la demanda semanal de almendra fileteada se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Distribución de probabilidad para la demanda semanal Artículo 1.

Evento	Cálculo	Aproximación
$P(x = 0)$	12/23	0.5217
$P(x = 5)$	1/23	0.0435
$P(x = 10)$	3/23	0.1304
$P(x = 15)$	4/23	0.1739
$P(x = 20)$	3/23	0.1304

La función de distribución $F(x)$ de la variable aleatoria que representa la demanda de almendra fileteada se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Función de Distribución de probabilidad para la demanda semanal Artículo 1.

Evento	Cálculo	Aproximación
$P(x \leq 0)$	12/23	0.5217
$P(x \leq 5)$	13/23	0.5652
$P(x \leq 10)$	16/23	0.6956
$P(x \leq 15)$	20/23	0.8695
$P(x \leq 20)$	23/23	1

En la Figura 10 se muestra el proceso para la generación de la demanda del artículo 1.

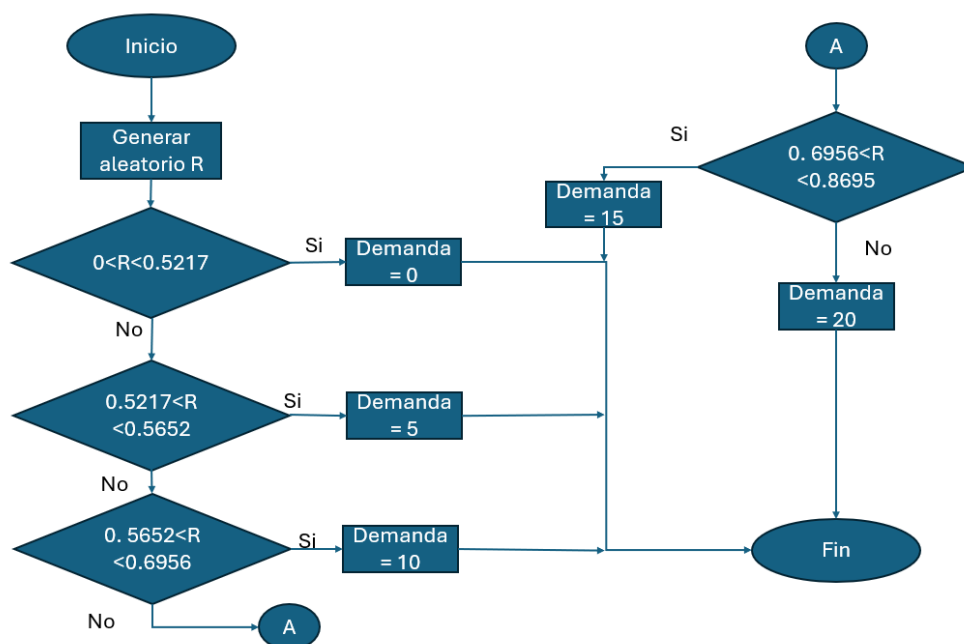


Figura 10. Diagrama de flujo para la generación de demanda Artículo 1.

En la Tabla 7 se muestran las condiciones para la generación de la variable aleatoria repitiendo el proceso descrito anteriormente.

Tabla 7. Condicionales para la generación de demandas aleatorias.

Artículo 1 Almendra Fileteada		Artículo 2 Brisket cab		Artículo 3 Jocoque	
Intervalo	Demanda	Intervalo	Demanda	Intervalo	Demanda
$0 < R < 0.5217$	0	$0 < R < 0.2174$	2	$0 < R < 0.4783$	0
$0.5217 < R < 0.5652$	5	$0.2174 < R < 0.3044$	20	$0.4783 < R < 0.5218$	4
$0.5652 < R < 0.6956$	10	$0.3044 < R < 0.3914$	24	$0.5653 < R < 0.5653$	5
$0.6956 < R < 0.8695$	15	$0.3914 < R < 0.6088$	25	$0.5653 < R < 0.6523$	6
$0.8695 < R < 1$	20	$0.6088 < R < 0.6523$	26	$0.6523 < R < 0.8262$	10
Artículo 4 Leche Entera		$0.6523 < R < 0.8262$	30	$0.8262 < R < 0.8697$	12
		$0.8262 < R < 0.9132$	32	$0.8697 < R < 0.9132$	14
Intervalo	Demanda	$0.9132 < R < 0.9567$	36	$0.9132 < R < 1$	16
$0 < R < 0.0476$	0	$0.9567 < R < 1$	40	Artículo 5 Matcha Patisier	
$0.0476 < R < 0.0952$	6				
$0.0952 < R < 0.1429$	19			Intervalo	Demanda
$0.1429 < R < 0.1905$	21			$0 < R < 0.2174$	0
$0.1905 < R < 0.2381$	24			$0.2174 < R < 0.4783$	0.1
$0.2381 < R < 0.3810$	25			$0.4783 < R < 0.6957$	0.2
$0.3810 < R < 0.4286$	26			$0.6957 < R < 0.8261$	0.25
$0.4286 < R < 0.5714$	27			$0.8261 < R < 0.9130$	0.3
$0.5714 < R < 0.7143$	28			$0.9130 < R < 1$	0.4
$0.7143 < R < 0.7619$	29				
$0.7619 < R < 0.8095$	30				
$0.8095 < R < 0.8571$	36				
$0.8571 < R < 0.9524$	37				
$0.9524 < R < 1$	48				

Implementación del modelo en la computadora

El modelo de simulación se corre sobre una hoja de Excel. En la Figura 11 se muestra una captura de pantalla de la hoja creada para uno de los cinco artículos propuestos.

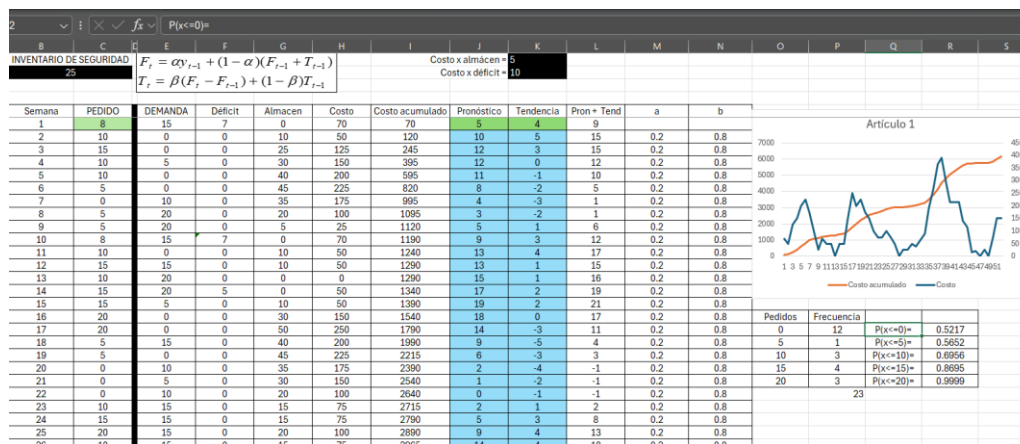
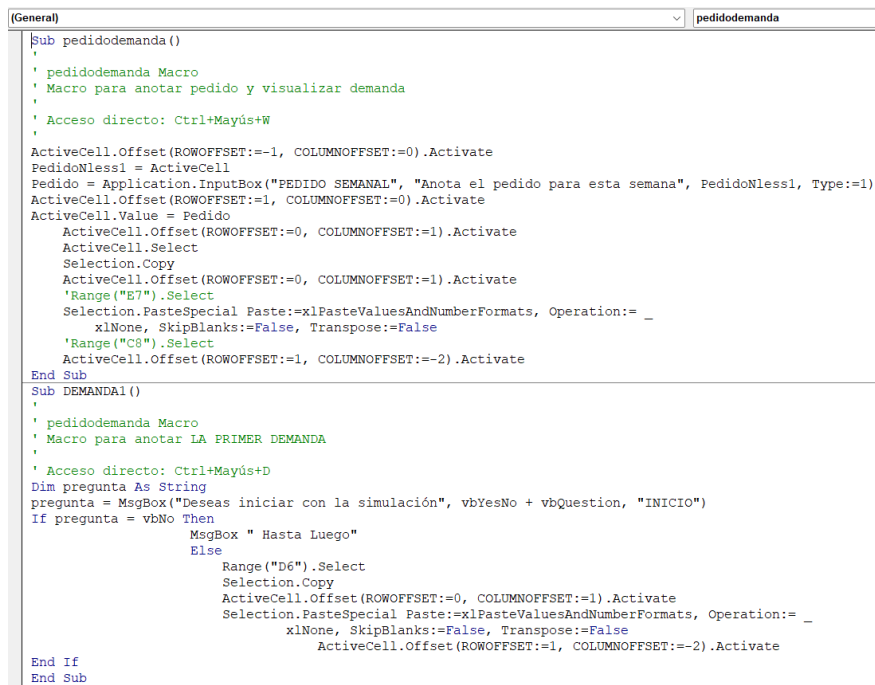


Figura 11. Captura de pantalla de la implementación del sistema.

En la Figura 12 se muestra una captura de pantalla de la programación básica para la solicitud del pedido por parte del decisor.



```

(General) pedidodemanda
Sub pedidodemanda()
'
' pedidodemanda Macro
' Macro para anotar pedido y visualizar demanda
'
' Acceso directo: Ctrl+Mayús+W
'
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=-1, COLUMNOFFSET:=0).Activate
PedidoNless1 = ActiveCell
Pedido = Application.InputBox("PEDIDO SEMANAL", "Anota el pedido para esta semana", PedidoNless1, Type:=1)
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=1, COLUMNOFFSET:=0).Activate
ActiveCell.Value = Pedido
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=0, COLUMNOFFSET:=1).Activate
ActiveCell.Select
Selection.Copy
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=0, COLUMNOFFSET:=1).Activate
'Range("E7").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValuesAndNumberFormats, Operation:= _
xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False
'Range("C8").Select
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=1, COLUMNOFFSET:=-2).Activate
End Sub

Sub DEMANDA1()
'
' pedidodemanda Macro
' Macro para anotar LA PRIMER DEMANDA
'
' Acceso directo: Ctrl+Mayús+D
'
Dim pregunta As String
pregunta = MsgBox("Deseas iniciar con la simulación", vbYesNo + vbQuestion, "INICIO")
If pregunta = vbNo Then
MsgBox " Hasta Luego"
Else
Range("D6").Select
Selection.Copy
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=0, COLUMNOFFSET:=1).Activate
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValuesAndNumberFormats, Operation:= _
xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False
ActiveCell.Offset(ROWOFFSET:=1, COLUMNOFFSET:=-2).Activate
End If
End Sub

```

Figura 12. Captura de pantalla del código para la solicitud de pedido.

Experimentación

La flexibilidad del modelo desarrollado permite que el decisor con ayuda del analista establezca las condiciones iniciales de la simulación. En esta ocasión las condiciones iniciales se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Condicionales iniciales para la simulación.

	Costo de almacén	Costo Déficit	Inventario de seguridad
Artículo 1	\$ 5.00	\$ 10.00	20
Artículo 2	\$ 2.00	\$ 15.00	35
Artículo 3	\$ 1.00	\$ 10.00	16
Artículo 4	\$ 1.00	\$ 15.00	40
Artículo 5	\$ 2.00	\$ 10.00	0.25

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

Escenario 1

Con las condiciones iniciales de la Tabla 8 se obtiene el costo total anual que se muestra en la Figura 13.

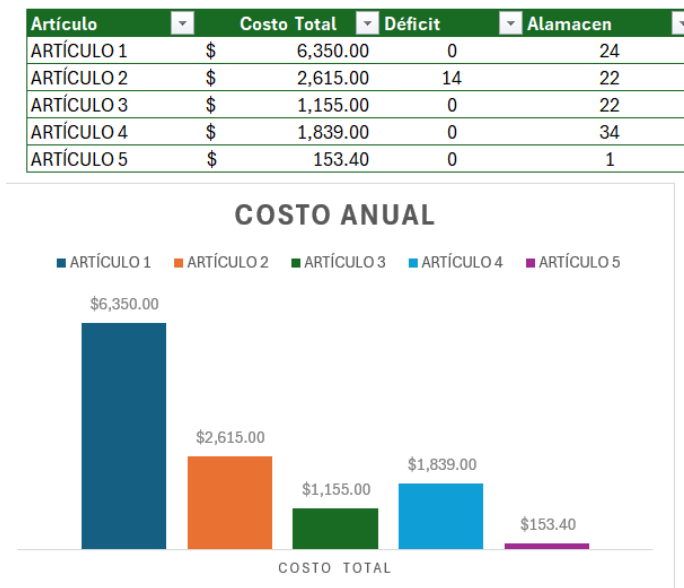


Figura 13. Representación gráfica del costo anual x artículo.

Análisis costo total

De la Figura 18 se observa que la almendra fileteada es el artículo que mayor contribuye al costo anual total. La Figura 14 muestra la gráfica del comportamiento del costo en este artículo.

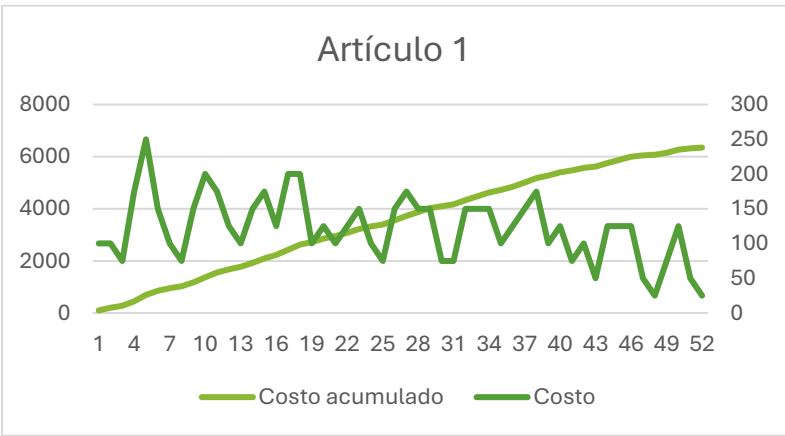


Figura 14. Comportamiento costo anual artículo 1.

La Figura 15 muestra una captura de pantalla de proceso de ordenamiento simulado.

INVENTARIO DE SEGURIDAD		$F_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$				Costo
20						C
Semana	PEDIDO	DEMANDA	Déficit	Almacen	Costo	Costo acumulad
1	20	0	0	20	100	100
2	15	15	0	20	100	200
3	15	20	0	15	75	275
4	20	0	0	35	175	450
5	15	0	0	50	250	700
6	0	20	0	30	150	850
7	10	20	0	20	100	950
8	10	15	0	15	75	1025
9	15	0	0	30	150	1175
10	10	0	0	40	200	1375

Figura 15. Captura de pantalla simulación artículo 1.

De la Figura 15 se puede observar que el costo máximo semanal se debe a dos semanas consecutivas donde la demanda fue de cero y aun cuando se repite esa condición en otras semanas el inventario no alcanza un nivel de 50 unidades.

Análisis déficit

De la Figura 13, se observa que el producto con mayor déficit es Brisket Cab, con un valor de 14 unidades en déficit. La Figura 16 muestra una captura de pantalla de la simulación de este artículo.

INVENTARIO DE SEGURIDAD		$F_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$ $T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$				Costo
35						C
Semana	PEDIDO	DEMANDA	Déficit	Almacen	Costo	Costo acumulad
34	20	0	0	22	44	1693
35	10	30	0	2	4	1697
36	40	30	0	12	24	1721
37	40	30	0	22	44	1765
38	20	0	0	42	84	1849
39	10	20	0	32	64	1913
40	10	0	0	42	84	1997
41	10	24	0	28	56	2053
42	10	30	0	8	16	2069
43	15	20	0	3	6	2075
44	15	32	14	0	210	2285
45	30	20	0	10	20	2305
46	20	30	0	0	0	2305
47	30	25	0	5	10	2315
48	35	25	0	15	30	2345
49	25	25	0	15	30	2375

Figura 16. Captura de pantalla simulación artículo 2.

Se observa que el déficit ocurre en la semana 44, esto como consecuencia de la atención al nivel de inventario que se maneja ya que desde la semana 40 el nivel de inventario disminuye, incluso por debajo del nivel de seguridad deseado.

Análisis almacén

Nuevamente de la Figura 13 se observa que el promedio máximo de inventario lo tiene el Jocoque con un valor de 34. En la Figura 17 se muestra una captura de pantalla de la simulación de pedidos para el artículo 3.

INVENTARIO DE SEGURIDAD		$F_t = \alpha y_{t-1} + (1 - \alpha)(F_{t-1} + T_{t-1})$				Costo
16		$T_t = \beta(F_t - F_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$				Ci
Semana	PEDIDO	DEMANDA	Déficit	Almacén	Costo	Costo acumulado
5	5	0	0	35	35	98
6	0	0	0	35	35	133
9	5	0	0	33	33	217
27	5	0	0	36	36	589
28	5	4	0	37	37	626
29	0	0	0	37	37	663

Figura 17. Captura de pantalla simulación artículo 3.

En la Figura 17 se observa que el nivel máximo de inventario se alcanza en las semanas 28 y 29, pero esto es consecuencia de tener semanas con cero demandas y seguir colocando pedido.

Escenario 2

En la Tabla 9 se muestran las condiciones iniciales para un segundo escenario.

Tabla 9. Condicionales iniciales para la simulación, escenario 2.

	Costo de almacén	Costo Déficit	Inventario de seguridad
Artículo 1	\$ 5.00	\$ 10.00	25
Artículo 2	\$ 2.00	\$ 10.00	16
Artículo 3	\$ 2.00	\$ 10.00	5
Artículo 4	\$ 2.00	\$ 10.00	20
Artículo 5	\$ 2.00	\$ 10.00	0.5

En la Figura 18 se muestra la gráfica de costo acumulado para esta simulación.

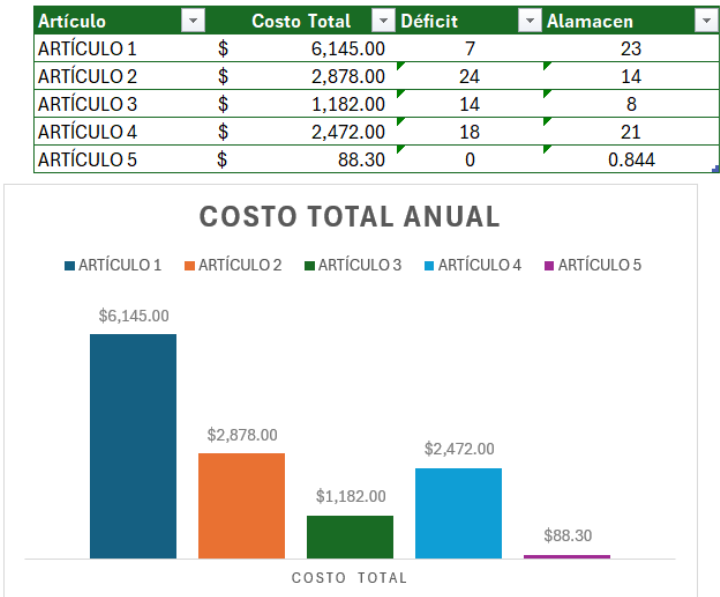


Figura 18. Representación gráfica del costo anual x artículo, escenario 2.

Análisis costo total, escenario 2

Nuevamente se observa que el costo total anual mayor es del artículo 1. En la Figura 19 se muestra la gráfica de comportamiento del costo total anual para el artículo 1.

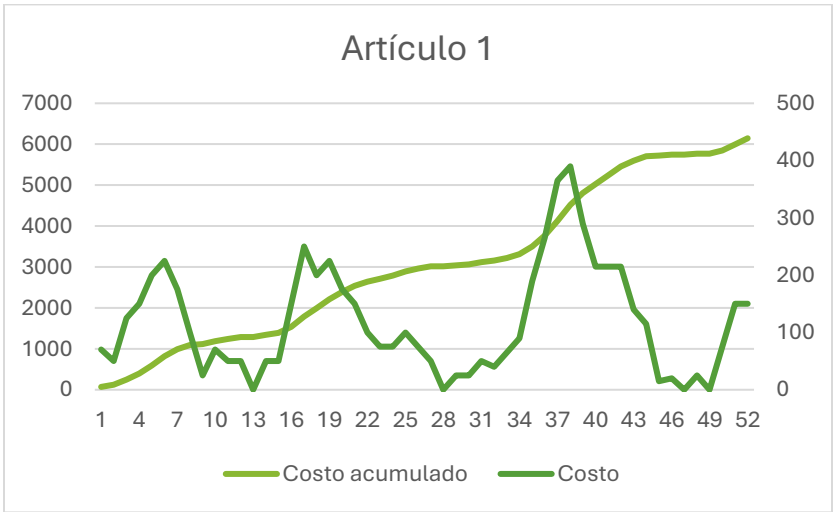


Figura 19. Comportamiento costo anual artículo 1, escenario 2.

En este escenario el máximo costo individual se alcanza en la semana 38 con 78 piezas en almacén.

Análisis déficit, escenario 2

Se puede observar de la Figura 18 que en este escenario hay tres artículos que presentan déficit siendo el mayor el del artículo 2, con 24 unidades; seguido por el artículo 4 con 18 unidades.

Análisis almacén, escenario 2

Nuevamente de la Figura 18 se observa que el inventario promedio corresponde al artículo 1 con 23 unidades seguido del artículo 4 con 21 unidades.

Cualquier tipo de análisis se puede realizar con las corridas de simulación desarrolladas, dependerá de lo que se requiere identificar.

CONCLUSIONES

Con las herramientas de calidad aplicadas se consigue la identificación del problema en PYME analizada, también se emplean herramientas de análisis estadístico y discreta para el desarrollo del modelo de simulación.

Se logran los objetivos planteados en el proyecto, ya que:

- Con el análisis estadístico de la operación del almacén realizado se identifican las variables aleatorias relevantes en el sistema de inventarios analizados, así como la operación normal del sistema.
- Con las variables aleatorias identificadas, se generan los eventos necesarios para crear la simulación, así como las funciones lógicas de operación del modelo desarrollado.
- El modelo desarrollado permite generar los diversos escenarios facilitando el análisis y el entrenamiento del decisor.

Dada la flexibilidad que permite el modelo de simulación desarrollado, se puede utilizar para el entrenamiento para dar claridad en la decisión referentes a las alternativas que tengan que ver con la colocación de órdenes de compra o pedidos.

La aplicación del modelo desarrollado permite entrenar y analizar las consecuencias de las decisiones tomadas en un almacén de una cafetería PYME.

El modelo de simulación desarrollado permite el cambio e inclusión de los parámetros necesarios por el decisor.

Por lo tanto, se concluye que el modelo desarrollado es una herramienta útil para el entrenamiento en decisiones referentes al mantenimiento de stock en un almacén.

REFERENCIAS

- [1] “20240626_Dosier_MIPYMES_SALIDA_Interactivo_5_”.
- [2] INEGI, “Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte, México SCIAN 2023,” 2023.
- [3] “La Industria Restaurantera CONOCIENDO,” 2021. [Online]. Available: www.inegi.org.mx
- [4] AbasturMedia, “Principales retos de operar un restaurante en la actualidad.”
- [5] R. Zarza-Díaz, “Simulación de eventos discretos desde la ingeniería industrial,” *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, vol. 10, no. 20, pp. 110–121, Jan. 2023, doi: 10.29057/icbi.v10i20.10207.
- [6] N. Metropolis and S. Ulam, “THE MONTE CARLO METHOD,” 1949.
- [7] AWS, “¿En qué consiste la simulación de Monte Carlo?”
- [8] E. Guseva, T. Varfolomeyeva, I. Efimova, and I. Movchan, “Discrete event simulation modelling of patient service management with Arena,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, May 2018. doi: 10.1088/1742-6596/1015/3/032095.
- [9] J. Alejandro Cano, E. Antonio Campo, and R. Andrés Gómez, “Discrete event simulation for production planning in modular garment manufacturing systems,” 2018.
- [10] R. Sharma, P. Singhal, and M. K. Agrawal, “Application of Monte-Carlo Simulations in Estimation of Pi,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1116, no. 1, p. 012130, Apr. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1116/1/012130.
- [11] W. Septiani, G. A. Divia, and S. Adisuwiry, “Warehouse Layout Designing of Cable Manufacturing Company using Dedicated Storage and Simulation Promodel,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012054.
- [12] A. Florescu and S. A. Barabas, “Simulation Tool for Assessing the Performance of a Flexible Manufacturing System,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Aug. 2018. doi: 10.1088/1757-899X/398/1/012023.
- [13] N. Novitasari and E. B. Setyawan, “Decision Making in Inventory Policy Determination for Each Echelon to Stabilize Capsicum Frutescens Price and Increase Farmers Share Value Using Discrete Event Simulation,” in *Journal of Physics:*

Conference Series, Institute of Physics Publishing, Nov. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1381/1/012021.

- [14] A. L. Budiono, N. Siswanto, and N. Kurniati, “Modeling opportunistic maintenance using discrete event simulation,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1072, no. 1, p. 012045, Feb. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1072/1/012045.
- [15] H. L. Napitupulu, “Discrete system simulation application on determining the optimal amount of weekly production,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jun. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/801/1/012137.
- [16] N. Alsaadi, “Assessment and Enhancement of the Manufacturing Productivity through Discrete Event Simulation,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1222, no. 1, p. 012011, Jan. 2022, doi: 10.1088/1757-899x/1222/1/012011.
- [17] J. Vijayarangam, B. Navin Kumar, A. Vasudevan, and Pandiyarajan, “Simplified Analysis of a Multiproduct Newsboy Problem Using Simulation,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Dec. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/988/1/012089.
- [18] I. A. Hasugian, Vandrick, and E. Dewi, “Analysis of Queuing Models of Fast Food Restaurant with Simulation Approach,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, May 2020. doi: 10.1088/1757-899X/851/1/012028.
- [19] D. Krenczyk, I. Paprocka, W. M. Kempa, C. Grabowik, and K. Kalinowski, “Integration of scheduling and discrete event simulation systems to improve production flow planning,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Aug. 2016. doi: 10.1088/1757-899X/145/2/022018.
- [20] R. Quintana-Londoño and A. García-Pérez, “Discrete event simulation: Case study in an extractive sector company,” *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1154, no. 1, p. 012030, Jun. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1154/1/012030.
- [21] Z. A. Fadhlurrahman, Yuniaristanto, M. Hisjam, and R. Zakaria, “Supply Chain Performance Analysis Using Hybrid Overall Equipment Effectiveness and Discrete Event Simulation (Case Study: Futura Energy Nusantara),” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. doi: 10.1088/1757-899X/943/1/012050.
- [22] carlos Gil, “7 Herramientas básicas de Calidad,” <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/control-de-calidad/tqm/7-herramientas-basicas-de-calidad>.

- [23] L. Krajewski, L. Ritzman, and M. Malhotra, *Administración de Operaciones, procesos y cadenas de valor*. México: Person-Educación, 2008.
- [24] J. Rojas, “HubSpot,” <https://blog.hubspot.es/service/las-5s#:~:text=Las%205%20S%20son%20un,que%20trabajan%20en%20una%20compa%C3%B1%C3%ADa>.
- [25] J. J. Flores Vega and G. I. González Combatti, “Rediseño del sistema de control de inventario para la empresa Casa Paris S.A,” Maracaibo, 1999.
- [26] J. Heizer and B. Render, *Principios de administración de operaciones*, 7a ed. México, 2008.
- [27] N. Gaither and G. Frazier, *Administración de la producción y las operaciones*, 1a ed. Mexico: International Thomson Editores, 200AD.
- [28] R. Coss Bu, *Simulación, un enfoque práctico*. México, 1997.
- [29] A. Tapia, “La simulación de sistemas,” <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-continental/introduccion-a-la-ingenieria-industrial/lo-simulacion-de-sistemas-discretos/55678209>.

ANEXOS

Anexo I Participación en congreso

Primer Congreso Internacional en Estudios de Sostenibilidad Multisectorial

Revisión de trabajos extensos y/o presentaciones para el I Primer Congreso Internacional

en Estudios de Sostenibilidad Multisectorial

22 y 23 de octubre de 2024

Folio de la ponencia que se evalúa: 14014

Nombre del trabajo: Modelo interactivo de simulación discreta para entrenamiento en decisiones de pedidos en un almacén PYME

Aspectos Formales	Si	No
¿El título es adecuado al tema?	X	
¿La estructura del texto es adecuada y su redacción clara?	X	
¿La bibliografía es relevante y actual?	X	
¿Hay apego en el uso de citas y referencias bibliográficas? (se usa APA 6 ó 7 edición)?	X	
¿El documento cumple con el formato establecido en la convocatoria?	X	
Contenido	Si	No
¿Contiene resumen y palabras clave? (español inglés)	X	
¿Contiene el apartado de introducción?	X	
¿Se menciona la metodología de investigación del trabajo?	X	
¿El trabajo contine un apartado de los resultados de la investigación?	X	
¿El trabajo muestra las conclusiones de acuerdo con los objetivos planteados?	X	
¿Existe consistencia interna entre el título y objetivos con las diferentes partes del manuscrito?	X	
¿Existe consistencia entre el marco teórico referencial y el levantamiento y análisis, así como con los resultados?	X	
¿Existe aportación del trabajo presentado con relación a la sostenibilidad de los diversos sectores?	X	
Comentarios adicionales del revisor para el trabajo que se evalúa		

CONSTANCIA

A:

Leopoldo Viveros Rosas
Rebeca Díaz Téllez
Irving Zamorategui Nava

Por su participación como **PONENTE (S)** con el trabajo de investigación
**Modelo interactivo de simulación discreta para entrenamiento en decisiones de pedidos en
un almacén para una PYME**

Impartida de manera Virtual Síncrona. En el

**I Congreso Internacional
en Estudios de Sostenibilidad Multisectorial**



22 y 23 de octubre 2024

Atentamente

Patria, Ciencia y Trabajo

"2024 Conmemoración del 60 Aniversario de la Inauguración de Ciudad Universitaria"



Doctora en Derecho Procesal
Liliana Antonia Mendoza González
Coordinadora de la Unidad Académica Profesional
Cuautitlán Izcalli



U.A.P. CUAUTITLÁN IZCALLI
COORDINACIÓN



Doctor en Educación
Enoc Gutiérrez Pallares
Representante de la Red de Estudios
para el Desarrollo Sostenible