

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

# TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI

## MAESTRÍA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

DESARROLLO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE  
INDICADORES DE PROCESOS APLICADOS A LA CADENA DE  
SUMINISTROS

---

# TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA**

PRESENTA:

Ing. RICARDO MOISÉS LOZANO RAMÍREZ

DIRECTOR DE TESIS

Mtro. FRANCISCO JAVIER ZENDEJAS GONZÁLEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO. FEBRERO 2022

"2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México".

"2022. Año del Quincentenario de la Fundación de Toluca de Lerdo, Capital del Estado de México".

Cuautitlán Izcalli, Estado de México a 29 de marzo de 2022

TESCI/DIDT/034/III/22

**DIRECCIÓN ACADÉMICA  
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
COORDINACIÓN DE POSGRADO**

**INGENIERO  
LOZANO RAMÍREZ RICARDO MOISÉS  
PRESENTE**

Por este conducto me permito informarle que puede proceder a la digitalización del Trabajo de Tesis titulado:

**"DESARROLLO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE INDICADORES DE PROCESOS APLICADOS A LA CADENA DE SUMINISTROS"**

Ya que la comisión encargada de revisar el trabajo que se presenta para efectos de titulación, han dado su autorización conforme a lo estipulado en el Lineamiento para la operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.

Sin nada más que agregar, quedo a sus órdenes para cualquier aclaración.

**ATENTAMENTE**



**LIC. ROCÍO ORTEGA JIMÉNEZ  
DEPARTAMENTO DE  
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



c.c.p. Archivo  
Departamento de Titulación  
Expediente del alumno



**SECRETARÍA DE EDUCACIÓN  
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y NORMAL  
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DE CUAUTITLÁN IZCALLI**

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Contenido

Capítulo I.....	7
1.1 Introducción.....	7
1.2 Resumen.....	8
1.3 Planteamiento del problema.....	10
1.4 Pregunta de investigación.....	12
1.5 Justificación.....	14
1.6 Objetivo general.....	15
1.6.1Objetivos específicos.....	15
1.7 Hipótesis.....	16
Capitulo II .....	17
2.1 Marco Teórico.....	17
2.1.1Modelación matemática en ingeniería.....	17
2.1.1.1Los conceptos matemáticos en ingeniería.....	17
2.1.2 Prácticas matemáticas en ingeniería.....	19
2.1.3 Etapas de la modelación matemática en ingeniería.....	20
2.1.4 Modelación y optimización matemática de indicadores.....	21
2.1.4.1Elementos básicos para la modelación.....	22
2.1.5 Diseño y solución del modelo matemático.....	24
2.1.6 Importancia de los pronósticos de la demanda.....	25
2.1.7 Concepto de correlación.....	26
2.1.8 Regresión Lineal.....	27
2.1.9 ANOVA.....	29
2.2 Marco Practico.....	31
2.2.1 Cadena de suministros y logística.....	31
2.2.2 Medición del desempeño de la cadena de suministro, procesos industriales y logísticos.....	32
2.2.3 Objetivos de los indicadores industriales y logísticos.....	33
2.2.4 Modelación de indicadores.....	33
2.2.5 Importancia de la medición del desempeño.....	34
2.2.6 Concepto de indicador para medición del desempeño.....	34
2.2.7 Procedimiento básico para administrar los indicadores.....	36
2.2.8 Características de un indicador.....	36

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

2.2.8.1 Simplicidad.....	36
2.2.8.2 Validez en el tiempo.....	36
2.2.8.3 Adecuación.....	37
2.2.8.4 Utilidad.....	37
2.2.8.5 Participación de los usuarios.....	37
2.2.8.6 Oportunidad.....	37
2.2.9 Reglas fundamentales para un buen sistema de indicadores.....	37
Capítulo III Metodología.....	40
3.1 Desarrollo metodológico.....	40
3.1.1 Clasificación de los indicadores.....	40
3.1.2 Tipos de indicadores en función del objetivo.....	41
3.2 Definición de variables.....	42
3.3 Gestión de la cadena de suministros.....	44
3.3 Indicadores generales de estudio.....	45
3.3.1 Indicador de Utilización.....	45
3.3.2 Indicador de Rendimiento.....	45
3.3.3 Indicador de Productividad.....	45
3.4 Indicadores factibles en los procesos de la cadena de suministros.....	46
3.4.1 Indicadores del Análisis de Abastecimiento.....	46
3.4.1.1 Indicador Calidad de los Pedidos Generados.....	46
3.4.1.2 Indicador Entregas perfectamente recibidas.....	46
3.4.1.3 Indicador Nivel de cumplimiento de Proveedores.....	46
3.4.2 Indicadores de Análisis de inventarios.....	47
3.4.2.1 Indicador Índice de Rotación de Mercancías.....	47
3.4.2.2 Indicador costo del Inventario.....	47
3.4.2.3 Indicador Índice de duración de Mercancías.....	48
3.4.3 Indicadores de Análisis de almacenamiento.....	48
3.5 Indicador OEE.....	50
3.5.1 Utilidad del OEE.....	50
3.5.2 Ventajas del indicador OEE y los modelos de ratios matemáticos conjuntos.....	51
3.6 Recursos por utilizar.....	51
3.6.1 Recursos técnicos y humanos.....	51

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

3.6.2 Recursos materiales y financieros.....	52
Capitulo IV Desarrollo. ....	53
4.1 Argumentación del desarrollo.....	53
4.1.1 Muestra Resumen de los indicadores. ....	53
4.1.1.2 Fases de trabajo.....	55
4.1.2 Arranque del desarrollo .....	56
4.2 Primer caso. ....	57
4.2.1 Fase 1. ....	57
4.2.2 Fase 2. ....	59
4.2.2.1 Indicador modelo uso de la capacidad instalada.....	60
4.2.2.2. Indicador Modelo de tiempo. ....	65
4.2.2.3 Indicador Modelo de calidad del producto. ....	66
4.2.3 Fase 3 . ....	67
4.2.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 1. ....	67
4.2.3.2 Interpretación de resultados. ....	68
4.2.3.3 Seguimiento de indicadores. ....	69
4.2.3.4 Importancia del análisis y desarrollo de los modelos.....	71
4.3 Segundo caso. ....	72
4.3.1 Fase 1. ....	72
4.3.2 Fase 2. ....	74
4.3.2.1 Indicadores Modelos de inserción y existencia. ....	76
4.3.2.2 Indicador Modelo de cumplimiento de la empresa .....	82
4.3.2.3 Indicador Modelo de la capacidad instalada.....	83
4.3.3 Fase 3 .....	84
4.3.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 2. ....	84
4.3.3.2 Análisis de la confección y producción. ....	85
4.4 Tercer Caso.....	89
4.4.1 Fase 1 .....	89
4.4.2 Fase 2. ....	91
4.4.2.1Indicador modelo de entregas perfectas. ....	91
4.4.2.2 Indicador modelo de exactitud mensual del inventario.....	94
4.4.2.3 Indicador modelo de control de Arqueo.....	97
4.4.3 fase 3.....	98

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

4.4.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 3. ....	98
Capítulo V.....	100
5.1 Conclusiones Generales .....	100
Referencias bibliográficas .....	103

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Capítulo I

### 1.1 Introducción.

El presente trabajo de grado es el resultado de la investigación y puesta en práctica del desarrollo de indicadores que impacten directamente en el análisis de un proceso de la cadena de suministro dentro de tres casos tipo, donde en conjunto con el personal de estas empresas, se desarrolló el modelo matemático de ratios correlacionados (formulas), que brindan un dato de control porcentual el cual refleja el desempeño de un grupo de actividades que en conjunto con la interpretación analítica de los procesos se busca coadyuvar a la planeación estratégica en la toma de decisiones de las empresas.

El trabajo está desarrollado desde la fundamentación de la necesidad y viabilidad de construir fórmulas de control basadas en los indicadores y datos obtenidos de los historiales, pasando por la explicación teórica de la construcción de las modelaciones matemáticas y su importancia hasta la muestra, observación y definición de indicadores tipo y comunes.

La continuidad del trabajo se ve reflejado desde la construcción del conocimiento en los aspectos básicos hasta su implementación práctica, definiendo en la estructura las bases de la enseñanza matemática de la ingeniería hasta su puesta en práctica en los tres casos de estudio, partiendo de lo general a lo particular, donde se define el contexto de las empresas hasta la modelación de los ratios matemáticos propios de cada proceso y caso de interés en la cadena de suministros y su impacto en la toma de decisiones industriales y logísticas que puedan presentarse.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 1.2 Resumen.

Dentro de los últimos periodos y años actuales, las diferentes empresas y sus cadenas de suministro están buscando identificar, seguir y controlar el desempeño de sus procesos con el fin de garantizar niveles adecuados de la prestación de servicios a sus clientes, a través de la utilización de sus recursos disponibles y el cumplimiento de su plan estratégico, el cual les permita alcanzar sus objetivos y metas, dentro de las cuales se incluye la eficiencia de las operaciones industriales así como logísticas que impactan directamente en la gestión de la cadena de suministro.

La presente Tesis representa el trabajo de Investigación para el desarrollo de modelaciones matemáticas (Formulas), basadas en los principios del uso de la estadística inferencial, la investigación de operaciones y el uso de ratios de control, correlacionando los principales indicadores propios de desempeño industrial y logístico dentro de la cadena de suministros, tomando la información muestra de 3 empresas.

La cadena de suministro\* es definida como un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal del flujo del producto a través de la cual la materia prima se convierte en producto terminado y se añade valor al cliente (*Ballou, 2004, p. 72*)

En tanto, (*Frazelle 2001, p. 245*), indica que las actividades logísticas (respuesta al consumidor, administración de inventarios, aprovisionamiento, transporte y almacenamiento entre otros) activan y conectan las actividades en la cadena de suministro.

Por lo que el análisis y el control adecuado de estos eslabones determina una gran cantidad de veces los indicadores de desempeño de estudio, que si son analizados de forma conjunta a través de un modelo continuo matemático (formula), pueden determinar resultados que al ser interpretados de la forma idónea permitirán generar estrategias de mejora continua dentro de la industria.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Se sabe que al considerar la logística como parte de la cadena de suministro se contribuye a establecer su desempeño y adecuado aporte, para atender las necesidades de los clientes partiendo de procesos colaborativos e integrativos con los otros actores de la cadena. Por este motivo, se hace necesario el diseño de sistemas de medición del desempeño de la cadena de suministro y logística integrados y coordinados que permitan alcanzar los objetivos y estrategias organizacionales de forma rápida, eficiente y eficaz.

La estructura de la investigación esta desarrolla desde el análisis de las bases operativas y los datos que se pueden obtener y rastrear de las diferentes áreas, para generar el panorama matemático a través de los modelos estadísticos de trabajo, así como el estudio y la definición de los diferentes indicadores de desempeño dentro de la industria logística, contando con los datos pertinentes del sector, finalmente el desarrollo, interpretación y análisis de la modelación matemática generara los siguientes resultados.

- Incremento en la competitividad y mejora de la rentabilidad de la industria para superar la globalización.
- Optimización de la gerencia productiva y la gestión logística comercial nacional e internacional.
- Ampliación de la visión gerencial para convertir los procesos industriales y logísticos en modelos de eficiencia, siendo estos mecanismos para la planificación de las actividades internas y externas de la Empresa, a través del análisis de indicadores.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 1.3 Planteamiento del problema.

Actualmente, nuestras empresas encargadas de operaciones productivas o logísticas y sus departamentos que gestionan la cadena de suministros requieren de la identificación y medición del desempeño de los eslabones de las actividades industriales, de producción o logísticas, así como de abastecimiento y distribución a nivel interno (procesos) y externo (satisfacción del cliente final).

Sin duda, lo anterior constituye un trabajo para la alta gerencia, puesto que el reconocimiento de los principales problemas y cuellos de botella que se presentan en la cadena productiva y logística permitirá analizar las actividades y labores que perjudican ostensiblemente la competitividad de las empresas en los mercados y la pérdida paulatina de sus clientes.

Las diferentes empresas del ramo o implicadas en estos procesos generan estrategias donde el manejo de datos e información se vuelve de vital importancia sin embargo, si los datos en realidad no son los indicados o no se encuentran bien especificados, los errores de cálculo de interpretación pueden producir tomas de decisiones erróneas, inclusive existe la posibilidad que el análisis de estos eslabones no se conozca o desarrolle de forma idónea en el continuo de la toma de decisiones, puesto que el manejo de los recursos no siempre es definido de forma correcta.

Uno de los factores determinantes para que todo proceso, llámese logístico o de producción, se lleve a cabo con éxito, es diseñar e implementar un modelo adecuado de indicadores para medir la gestión de estos, con el fin de que se puedan implementar en posiciones estratégicas que reflejen un resultado óptimo en el mediano y largo plazo, mediante un buen sistema de información que permita medir las diferentes etapas del proceso logístico, considerando que estos sistemas suelen ser de tecnología de punta o de transición de mejora.

Desafortunadamente en la industria dentro de los procesos y en algunas áreas, todavía existe una toma de decisiones mal planificada o que es ejecutada basada

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

en pobres o nulos análisis de datos y variables de estudio, donde la Identificación, medición e interpretación de indicadores no se realiza de manera adecuada o sin un respaldo matemático, estadístico y operativo que sea capaz de arrojar un dato de relevancia estratégica, puesto que en algunas ocasiones los cambios o las gerencias actuales no consideran de todo los antecedentes e información previa.

De tal forma que sabemos que todas las actividades y operaciones tienen la capacidad de ser medidas y si se puede medir se pueden controlar, por lo que, basado en esto, radica el éxito de cualquier proceso y no podemos olvidar: *“lo que no se mide, no se puede administrar”*. Es así como el adecuado uso y aplicación de estos indicadores en modelos matemáticos afinados a las necesidades de respuesta de cada empresa, así como los análisis de los programas de productividad, distribución y mejoramiento continuo en los procesos logísticos de las empresas, serán una base de generación de ventajas competitivas sostenibles y por ende de su posicionamiento frente a la competencia nacional e internacional.

Ante la problemática general de la falta de medición de indicadores en esta presente investigación se contará con la información de tres empresas base, para ejemplificar la metodología, diseño y generación de modelos de indicadores que permitan generar una toma de decisiones adecuada.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 1.4 Pregunta de investigación.

¿Los modelos de ratios matemáticos correlacionados basados en KPI's , son capaces de arrojar indicadores o resultados medibles de eficiencia para el análisis en la toma de decisiones de la industria productiva o logística en el proceso de mejora de las cadenas de suministros?

En la pregunta que se acaba de plantear se desarrollara en un inicio el análisis propio de diferentes procesos de la cadena de suministros a través de valores e indicadores KPI's , con el fin de determinar cuál o cuáles son los eslabones que impactan en el cambio de resultados de la eficiencia operativa y logística de las empresas, de tal forma que podremos observar cuales pueden considerarse como constates en la variabilidad de los datos de la industria, tomando una perspectiva de la gestión de la cadena de suministros en las actividades que impactan en determinados proceso basados el análisis en las estrategias de las relaciones entre las funciones empresariales de la logística y la relación entre sí mismas, partiendo del estudio de una correlación de variables y la regresión lineal de los datos de trabajo.

Uno de los métodos de análisis propuestos para el estudio es el uso de variables de control de modelos , donde a cada actividad operativa se le da una representación Literal y en conjunto con una ponderación de valores se desarrolla su versión numérica en un modelo de peso.

El modelo plantea en sí mismo, las constantes y variables del modelo, dando una sinergia al pensamiento de uso del módulo de elasticidad y flexibilidad de los procesos, mostrando la capacidad de absorber fuerzas o estímulos del medio externo, las constantes y variables calculas de las ratios dependen de la matemática estadística de las actividades y que vienen a representar el tamaño del proceso.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

En términos matemáticos del modelo se plantea que cada uno de los ratios represente un proceso de la cadena de suministros que a su vez interpretan la intensidad de las cargas o fuerzas que puede tener el sistema, en términos de proporciones específicas, sobre las áreas o partes de la cadena, que bien pueden ser: análisis de materias primas, proveedores, mano de obra, mantenimiento, fabricación, maquila, subproductos, almacenamiento, transporte, distribución, logística de entrada y salida del sistema.

Estas proporciones van de acuerdo con lo que está definido en cada empresa o proceso y que define su propia cadena de suministro, cada valor se sustituirá y hará que el sistema sufra una deflexión en estos puntos críticos, dependiendo del tamaño y capacidad de respuesta de la compañía.

Una vez identificados estos puntos de la cadena o eslabones, así como el resultado se podrá definir planes estratégicos de solución o respuesta que permitan el análisis previo, para una toma de decisiones efectiva que contribuya a mejorar y subsanar el problema o posibles focos de atención, de la misma manera el desarrollo de acciones que encaminen a los resultados esperados.

El resultado de la eficiencia operativa de estudio dependerá de cada valor del proceso donde el modelo de la cadena de suministro en uso pretende arrojar el análisis propio de la determinación de las proporciones específicas de las fuerzas que actúan sobre él sistema, y el efecto de los componentes propios de cada procesos industrial y logístico, así como de la fuerte o débil presencia de los indicadores de estudio.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 1.5 Justificación.

En las últimas décadas ha surgido un especial interés por la rentabilidad de los procesos logísticos y operativos de las industrias, así como el crecimiento de las empresas dedicadas a la administración de la cadena de suministros, donde los procesos y sistemas buscan cada vez ser más eficientes en términos económicos y humanos, actualmente existen diferentes indicadores y estudios que permiten analizar el comportamiento y crecimiento de esta industria.

Tomando en cuenta lo anterior, la administración eficiente de la cadena de suministros se vuelve un reto constante en las empresas y predecir el compartimiento económico y financiero de las diferentes actividades correlacionadas en la logística puede ser una ventana de oportunidad para la toma de decisiones con respecto a los procesos de producción, almacenaje, inventario, distribución, servicio al cliente, etc.

El uso de las herramientas de análisis estadístico, la definición de variables de la investigación de operaciones y los modelos matemáticos, siempre han sido un camino que permiten desarrollar estrategias empresariales dentro los diferentes niveles de tomas de decisiones, por lo que basado en estos instrumentos se dará inicio al desarrollo de un modelo matemático de estudio logístico donde al contar con datos e indicadores de las empresas se realizara el análisis y control de información que permita poner en marcha las pruebas de trabajo y experimentación dentro de la compañías con la finalidad de tener como una opción de soporte una herramienta eficiente en el análisis de los resultados y desarrollo de estrategias rentables dentro del sector.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 1.6 Objetivo general.

Demostrar el desarrollo y aplicación de los modelos de ratios matemáticos correlacionados basados en KPI's, construidos en la investigación, así como su implementación en las estrategias y toma de decisiones futuras, basados en los principales eslabones e indicadores de la cadena de suministro a través de datos cuantificables, donde el modelo matemático permita obtener un resultado conjunto que definía los futuros planes de acción y decisiones eficaces en la industria productiva y logística, ocupando las herramientas de análisis estadístico, la investigación de procesos y las modelaciones matemáticas de trabajo.

### 1.6.1 Objetivos específicos.

-Definir y formular una serie de modelos de ratios matemáticos correlacionados, a través de una fórmula que permita determinar un indicador general de eficiencia de la cadena de suministros, basada en los principales KPI's logísticos de cada una de las industrias.

-Aplicar las, proporciones, correlación, la regresión lineal y el análisis de varianza, para entender el comportamiento de una variable de interés en los procesos y actividades de ámbito logístico e industrial, determinando la ponderación entre ratios, para estimar un valor de respuesta dependiente de estos factores de interés.

-Evaluar el Método de desarrollo y creación de fórmulas con la finalidad de adaptarla a un proceso industrial y/o logístico de toma de decisiones.

-Definir las aplicaciones y adaptabilidad del modelo matemático en las diferentes industrias dedicadas a actividades industriales y logísticas, así como a los procesos de la cadena de suministros en las empresas.

-Probar el modelo matemático de estudio en casos empresariales obteniendo datos de planteamiento reales a buscando definir sus indicadores propios

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 1.7 Hipótesis.

¿Mediante los resultados de control y eficiencia del modelo matemático de ratios correlacionados se puede mejorar la toma de decisiones de la industria logística en el proceso de la cadena de suministros?

Las variables de estudio serán los resultados de los indicadores KPI's como:

Indicador de capacidad instalada, rendimiento, productividad, así como el análisis de abastecimiento, inventario y almacenamiento, considerando también a la información de la temporalidad de estudio, ya sea que se fije en semanas, meses, bimestres o trimestres.

En la hipótesis que se acaba de plantear en el primer apartado se desarrollara el análisis de la cadena de suministros a través de valores e indicadores KPI's , con el fin de determinar cuál o cuáles son los eslabones que impactan en el cambio de resultados de la eficiencia logística, así como observar cuales pueden considerarse como constates en la variabilidad de los datos de la industria, tomando una perspectiva de la gestión de la cadena de suministros, basado el análisis en las estrategias de las relaciones entre las funciones empresariales de la logística y la relación entre sí mismas, partiendo del estudio de una regresión múltiple de datos.

En el análisis de resultados se representará la identidad de la carga o fuerzas que puede tener el sistema, en términos de su dato de control dentro de los procesos, áreas y eslabones de las cadenas, siendo por citar algunos datos, el nivel de uso de la capacidad instalada, el tiempo de trabajo, el nivel de servicio de los proveedores, la valoración de la mano de obra calificada, el índice de mantenimiento, los indicadores de ocupación y rotación del almacén, la eficiencia de la línea de transporte, etc.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Capítulo II

### 2.1 Marco Teórico.

#### 2.1.1 Modelación matemática en ingeniería.

##### 2.1.1.1 Los conceptos matemáticos en ingeniería.

Por varias razones, que tocan desde los intereses de formación profesional hasta los principios epistemológicos que sustentan las asignaturas de las carreras de ingeniería, resulta importante conocer la participación de la matemática en el ejercicio de la ingeniería. Para ello es necesario saber qué tipo de conceptos, herramientas, saberes y objetos matemáticos debe conocer el ingeniero, tanto al pasar por el proceso formativo, como al ejercer su profesión. Así lo han planteado (Romo y Oktaç (2007)), quienes explican, mediante su herramienta de análisis, la relación entre los conceptos matemáticos y los conceptos propios de la ingeniería, destacando las dos distintas dimensiones en que funcionan unos y otros, pero indicando cómo es posible que, al interactuar en un proyecto ingenieril específico, esa interacción haga evidente el papel de los conceptos matemáticos:

Cualquier concepto matemático de manera natural tiene conexiones con otros conceptos matemáticos dentro de la teoría a la que pertenece. Pretendemos observar cómo son las relaciones entre los conceptos matemáticos y los de la ingeniería que están en el proyecto, pues tal vínculo nos permitirá caracterizar el rol que juega allí el concepto matemático (Romo y Oktaç, 2007, p. 127).

E incluso, advierten sobre considerar “los elementos matemáticos empíricos que podrían surgir en la práctica de la ingeniería” (Romo y Oktaç, 2007, p. 125).

Por otra parte, según el marco teórico y el pensamiento teórico-práctico expuesto inicialmente por (Sierpinska, Nnadozie y Oktaç (2002)), estudiar el empleo de conceptos matemáticos en los proyectos de ingeniería implica aceptar que dichos proyectos han sido planeados teniendo en cuenta el pensamiento matemático. Desde tal perspectiva, es fundamental saber qué argumentos tienen los ingenieros para escoger una fórmula, una herramienta matemática, una gráfica, una tabla, un modelo, un método; en resumen, cómo el modelo matemático aporta al proyecto de

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

ingeniería en cuestión, soluciones a la problemática, estimando tanto el contenido matemático como su uso. Por lo demás, los modelos utilizados no siempre son creados por el ingeniero que estudia el fenómeno. Vale señalar que la eficacia en términos de tiempos es un factor importante al elegir los modelos.

El pensamiento que se produce al ejercer la ingeniería propicia la creación de conocimientos y modelos generales. El enfoque de dicho pensamiento tiende al análisis de las relaciones entre las variables de un fenómeno o proceso a través de los vínculos establecidos entre los conceptos matemáticos y su caracterización por medio de conceptos.

Algunos autores, como( Vázquez, Romo y Trigueros (2015)), han visto que la finalidad de las matemáticas, en tanto instrumento para acceder a otros conocimientos, se ve ahora además consolidada con una serie de destrezas que el ingeniero necesita para responder a las exigencias del mercado. Los modelos matemáticos, vistos como un vínculo entre la teoría matemática y el mundo cotidiano, se convierten en una opción didáctica, con pensamiento crítico y sistémico, fundamental en la formación de ingenieros. Para( Rodríguez y Bourguet (2015)), el ingeniero en el mundo de hoy debe ser formado para suplir las necesidades del siglo XXI.

Por su parte, el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA, por sus siglas en inglés) considera la competencia matemática como la capacidad de los alumnos para analizar, razonar y comunicarse eficazmente cuando plantean, formulan, resuelven e interpretan problemas matemáticos en diversas situaciones. Esta idea perfila las habilidades que deben desarrollar los alumnos para identificar, entender y participar en la ciencia matemática y hacer juicios bien fundamentados sobre la presencia y necesidad de esta en la vida de un individuo, su entorno y su futuro.

Buscando el despliegue de tales competencias, el docente de matemáticas en programas de ingeniería debe promover determinadas habilidades entre sus alumnos que al final como profesionistas deben ejercer; algunas de crucial importancia son las siguientes:

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

1. Pensamiento holístico, investigación crítica, análisis y reflexión.
2. Aprendizaje activo y aplicación práctica.
3. Autoconsciencia y empatía.
4. Comunicación y una fuerte capacidad de escucha.

Adicionalmente, cabe destacar que el pensamiento sistémico y crítico se consideran dos competencias transversales, importantes a desarrollar por un ingeniero, ciudadano del siglo XXI.

### 2.1.2 Prácticas matemáticas en ingeniería.

Las prácticas matemáticas en el aula y posteriormente en la industria constituyen las diferentes formas en las que el alumno o un trabajador es llevado a razonar y a reconstruir su conocimiento aplicado, con base en ese razonamiento, el tema o problema del cual se trate puede ser resuelto a través de indicadores y estudios estadísticos y matemáticos, mediante este análisis se pretende generar cambios en el entorno competitivo y adaptativo de la industria y que en conjunto con la experiencia práctica de trabajo, las actividades, discursos, normas y herramientas de modelado matemático se llegue a toma de decisiones adecuadas, En otras palabras, es la forma como se aborda y analiza la aplicación de la matemática en el aula y en el entorno laboral lo que da la capacidad de análisis de los indicadores vitales y esta parte me permite vislumbrar el entendimiento referenciado desde el alumno hasta el trabajador, puesto que generar una adecuación matemática práctica a la industria cuando en su mayoría el trabajador como alumno genera una aversión produce un rechazo al cambio, sin embargo actualmente se exploran nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje en capacitación de las matemáticas que impacten en la industria.

Los objetos matemáticos vistos como modelos de trabajo son la principal herramienta para modelar diversos fenómenos en distintos contextos industriales, hoy la aplicación de las ecuaciones o modelos está centrada en métodos analíticos

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

en vez de los métodos cualitativos y numéricos tradicionales, pues debemos en conjunto con los implicado encontrar la información vital de estudio.

Estudios recientes han venido exponiendo una aproximación teórica reformulada para aplicar de manera constante y continua los modelos matemáticos en la administración de las operaciones de las empresas; esta teorización sostiene la necesidad de incluir en el proceso de capacitación y toma de decisiones los valores de los indicadores que formulados de forma matemática generan elementos que se han vuelto imprescindibles en el entorno actual que en conjunto con la tecnología, el trabajo colaborativo y el desarrollo de competencias empresariales los trabajadores pueden responder y dar soluciones basados en la información y los datos con los que cuenta.

Asimismo, en el análisis de las operaciones industriales o logísticas se plantea la forma de aplicar estos modelos matemáticos en las diferentes áreas de la cadena de suministros de ingeniería aplicando algunas estrategias del modelado de indicadores, dichas estrategias han logrado un incremento conceptual matemático relacionado con la interpretación, formulación y solución de problemas de carácter empresarial.

### 2.1.3 Etapas de la modelación matemática en ingeniería.

La Modelación Matemática se lleva a cabo cumpliendo los siguientes pasos, propuestos por: (Brito, Alemán, Fraga, Para y Arias (2011).)

- a. Identificación del problema o proceso a resolver, junto con los objetivos, que deben ser claros y concisos, con miras a obtener un resultado.
- b. Conocimiento de los aspectos cognitivos que rigen el problema, por medio de leyes, teorías y conceptos inmersos en la situación objeto de trabajo.
- c. Formulación de la situación-problema en términos matemáticos (matematización), mediante ecuaciones y/o relaciones matemáticas, identificando para ello las variables, parámetros y los supuestos a que haya lugar.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

- d. Solución del problema y/o proceso matemático obtenido. Para ello se hará uso de herramientas tales como tablas, gráficas, ecuaciones lineales, estadística inferencial, investigación de operaciones.
- e. Comparación del modelo con la situación real. En función de esto, es necesario analizar los resultados obtenidos, verificando si las respuestas alcanzadas son correctas, adecuadas o no, y además si se generan soluciones normales o atípicas.
- f. Análisis de las restricciones al modelo. Es importante tener en cuenta las suposiciones hechas, así como el marco donde se va a limitar el dominio de la solución obtenida.
- g. Escenario de aplicación del modelo, así como su interpretación. Es aquí donde se evidencia el cumplimiento de metas, teniendo en cuenta sus restricciones, si las hubiere.

Es posible reconocer la importancia de las modelaciones matemáticas como una aplicación en la ingeniería práctica.

#### 2.1.4 Modelación y optimización matemática de indicadores.

La optimización es una herramienta adecuada al diseño de procesos, en el cual se toman decisiones importantes que consideran muchos aspectos logísticos, relacionadas al número, localización y tamaño de los almacenes en la red logística, por mencionar una aplicación.

Los problemas de optimización y modelación se originan cuando se debe tomar la decisión de asignar de la mejor manera posible, es decir de forma óptima recursos limitados a actividades que compiten entre sí por ellos, con el fin de alcanzar los mejores resultados (Hillier, 2010).

En la optimización de la cadena de abastecimiento encontramos un sin número de variables complejas que se deben tener en cuenta para la toma de decisiones de planeación en busca de la minimización de costos, “para el análisis de estas

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

variables y la solución de estos problemas se emplean modelos matemáticos los cuales enmarcan la técnica de programación lineal para la optimización, los cuales ayudan en la toma de decisiones industriales y en la simulación para resolver situaciones problemáticas complejas en logística, manufactura, almacenamiento, transporte y redes de distribución”.

Los modelos describen la relación entre variables de decisión, restricciones y objetivos, su presentación más usual es en forma de un conjunto de ecuaciones matemáticas, en donde el modelo ha de representar el sistema real para el cual se desea tomar decisiones.

La modelación de procesos usa el método científico para explorar e investigar los problemas que deben ser solucionados en lo particular, el proceso comienza por la observación cuidadosa y la formulación del problema incluyendo la recolección de datos pertinentes, continua con la construcción del modelo matemático para posteriormente definir su validación y las respectivas conclusiones o soluciones las cuales se espera que sean válidas también para el problema real.

La modelación de procesos se puede definir como la aplicación de métodos científicos en la mejora de la efectividad en las operaciones, y decisiones donde la principal característica consiste en construir un modelo del sistema del cual se pueden predecir y comparar los resultados de diversas estrategias y decisiones con el objetivo es ayudar a los responsables a determinar su política y actuaciones en forma científica.

#### 2.1.4.1 Elementos básicos para la modelación.

En la optimización de las cadenas de abastecimiento podemos encontrar dos tipos de problemas o situaciones. Primero, si la cadena ya existe y se está tratando solamente de optimizar los flujos de productos. En este caso se aplican generalmente programación lineal y análisis de indicadores.

Segundo, si toda la cadena o parte de ella aún no existe y se está por ejemplo definiendo una nueva localización de una planta o de uno o varios centros de

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

distribución (CEDIS), se generan problemas de optimización lineal entera-mixta. (Vidal, 2009)

En la práctica, muchas personas se cuestionan si para la gestión de CEDIS es necesario utilizar modelos, su argumento principal es que de una u otra forma los CEDIS existen, funcionan y prestan el servicio al cliente y generan utilidades.

La gran pregunta es ¿pueden estas cadenas funcionar de la misma o mejor forma con menos recursos comprometidos? Es decir, ¿están estas cadenas funcionando en forma óptima o cercana a la óptima?

Es muy dudoso que esto sea así, dadas las numerosas evidencias de suboptimización que existen en la mayoría de las cadenas de abastecimiento, especialmente en lo relacionado con elevados costos de producción, niveles de inventarios, productos agotados, niveles de servicio y en lo que atañe a elementos del sistema de transporte, tales como el ruteo y programación de vehículos y el diseño de redes, por mencionar sólo algunos factores. “Así, uno de los temas más apasionantes de la administración de la cadena de suministro y de la logística es el de formular modelos matemáticos, cuyas soluciones brinden respuesta a los anteriores interrogantes”.

En los países en vía de desarrollo no es fácil encontrar la utilización de herramientas basadas en programación (Vidal, 2009), a nivel de investigación se encuentran trabajos como del profesor Carlos Julio Vidal de la universidad del valle, el cual se ha enfocado en la optimización de las cadenas de abastecimiento.

A nivel industrial encontramos en una empresa importante del país del sector de bebidas que desde 1991 utiliza este tipo de herramientas para apoyar sus procesos en la toma de decisiones. Otras experiencias a nivel de usuario final se tienen prototipos en fase de desarrollo, desarrollaron una modelación matemática de producción y distribución determinística aplicada a una empresa de suministros médicos para la optimización de toda la cadena de abastecimiento.

De manera general se describe , “Los modelos de optimización son herramientas útiles, necesarias y deseables para identificar decisiones efectivas en la cadena de

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

abastecimiento puesto que son las únicas herramientas capaces de analizar las complejas interacciones de las decisiones tomadas a lo largo de la cadena de abastecimiento de la compañía de una forma holística”. Esto justifica aún más la utilización de modelos matemáticos como herramientas básicas para la toma de decisiones en la Cadena de abastecimiento y en las operaciones industriales y logísticas.

Esto nos indica que la modelación matemática, con el pasar del tiempo se ubica como un elemento importante en el desarrollo de la construcción de modelos de optimización y toma de decisiones.

Los conceptos matemáticos deben ser desglosados y ajustados al tema Industrial y Empresarial, de tal forma que permitan ganar tiempo y realizar análisis de diferentes escenarios, para tomar decisiones con probabilidades de error muy bajas.

#### 2.1.5 Diseño y solución del modelo matemático.

Las etapas del estudio de Investigación y diseño del modelo matemático son las siguientes:

a) Definición del problema de interés y recolección de los datos relevantes.

En esta etapa se realizará el estudio del sistema actual de la empresa y se presentara el problema a analizar, se definirán los objetivos del sistema es decir que se desea optimizar, se identificarán las restricciones y las variables implicadas, de igual manera se realizará la recolección de datos relevantes del problema, datos que permitan la comprensión del problema y aporten a la formulación correcta del problema.

b) Formulación de un modelo matemático que represente el problema.

Esta consiste en la toma de decisión del modelo a utilizar para representar el sistema, el modelo debe relacionar las variables de decisión con los parámetros y restricciones del sistema, los parámetros (o cantidades conocidas) se obtendrán a partir de datos pasados.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

c) Desarrollo de un procedimiento basado en una formulación para a derivar una solución al problema a partir del modelo.

Una vez que se tiene el modelo, se procede a derivar una solución matemática empleando las fórmulas para resolver problemas y las ecuaciones de estudio.

d) Análisis de resultados.

Se realiza un análisis de los resultados arrojados por el modelo y se compararan con los costos actuales del sistema, y verificar si el modelo si logra mejorar los costos relevantes de la operación.

Este análisis estará apoyado en la comparación de la situación actual con los resultados obtenidos, y así analizar si es viable o no la estructuración de la nueva configuración.

#### 2.1.6 Importancia de los pronósticos de la demanda.

Los pronósticos de la demanda al interior de las compañías o empresas se realizan de acuerdo con los históricos de ventas o la información de este tipo con la que se disponga, sin embargo, a veces no se cuenta con un análisis detallado de esta información para conocer su comportamiento, ni se aplican técnicas estadísticas de planeación y estudio para esta actividad, por lo que sabemos que en función a la información que se pueda registrar y con los análisis adecuados se puede llegar a observar si la demanda estudiada tiene un comportamiento estable o no, por lo cual se puede utilizar una técnica de promedio móvil simple o suavización exponencial simple, de esta forma garantizamos cálculos más precisos que ayuden a una adecuada planeación de la producción y distribución y esto es un fundamento de la aplicación matemática que se puede realizar con el objetivo de llegar a la mejor toma de rumbos empresariales.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

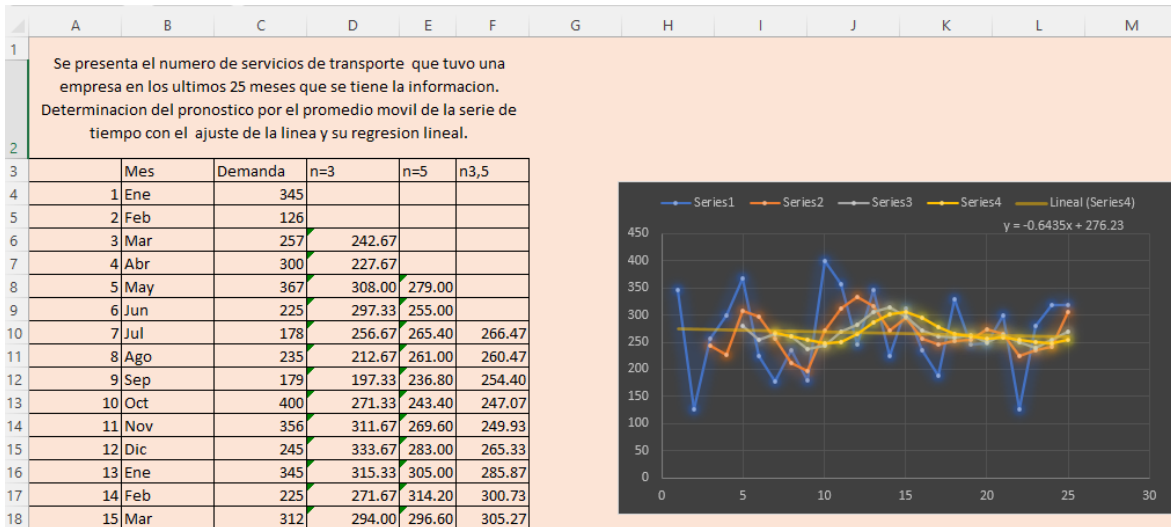


Figura 1 Ejemplo pronóstico (fuente propia)

### 2.1.7 Concepto de correlación.

La correlación es una medida de la relación (covariación) lineal entre dos variables cuantitativas continuas (x, y). La manera más sencilla de saber si dos variables están correlacionadas es determinar si co-varían (varían conjuntamente).

Es importante hacer notar que esta covariación no implica necesariamente causalidad, la correlación puede ser fortuita, como en el caso clásico de la correlación entre el número de venta de helados e incendios, debido al efecto de una tercera variable, la temperatura ambiental.

La correlación es en esencia una medida normalizada de asociación o covariación lineal entre dos variables. Esta medida o índice de correlación r puede variar entre -1 y +1, ambos extremos indicando correlaciones perfectas, negativa y positiva respectivamente. Un valor de r = 0 indica que no existe relación lineal entre las dos variables. Una correlación positiva indica que ambas variables varían en el mismo sentido. Una correlación negativa significa que ambas variables varían en sentidos opuestos. Lo interesante del índice de correlación es que r es en sí mismo una medida del tamaño del efecto, que suele interpretarse de la siguiente manera

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

correlación despreciable:  $r < |0.1|$

correlación baja:  $|0.1| < r \leq |0.3|$

correlación mediana :  $|0.3| < r \leq |0.5|$

correlación fuerte o alta:  $r > |0.5|$

En términos simples la correlación estadística determina la relación o dependencia que existe entre las dos variables que intervienen en una distribución bidimensional.

Es decir, determinar si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra.

Definiciones formales.

La correlación se define en términos de la varianza, de las variables  $x$  e  $y$ , así como de la covarianza  $cov$  de  $x, y$ . Es por tanto una medida de la variación conjunta de ambas variables ( $cov(x, y)$ )

La varianza de una muestra representa el promedio de la desviación de los datos con respecto a la media.

La covarianza entre dos variables  $x$  e  $y$  es una medida de la relación “promedio” de éstas, por lo que es la desviación promedio del producto cruzado entre ellas.

### 2.1.8 Regresión Lineal.

El modelo de pronóstico de regresión lineal permite hallar el valor esperado de una variable aleatoria  $a$  cuando  $b$  toma un valor específico. La aplicación de este método implica un supuesto de linealidad cuando la demanda presenta un comportamiento creciente o decreciente, por tal razón, se hace indispensable que previo a la selección de este método exista un análisis de regresión que determine la intensidad de las relaciones entre las variables que componen el modelo.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia (creciente o decreciente), es decir, patrones que presenten una relación de linealidad entre la demanda y el tiempo.

El objetivo de un análisis de regresión es determinar la relación que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes.

Para poder realizar esta relación, se debe postular una relación funcional entre las variables.

Cuando se trata de una variable independiente, la forma funcional que más se utiliza en la práctica es la relación lineal. El análisis de regresión entonces determina la intensidad entre las variables a través de coeficientes de correlación y determinación.

### *Fórmulas*

$$y = ax + b$$

*y = variable dependiente   a = pendiente   x variable independiente   b = intersección*

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{\sum y_i - a \sum x_i}{n}$$

A través del diagrama de dispersión y la selección de la línea de tendencia con el programa Excel puede calcularse esta ecuación.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

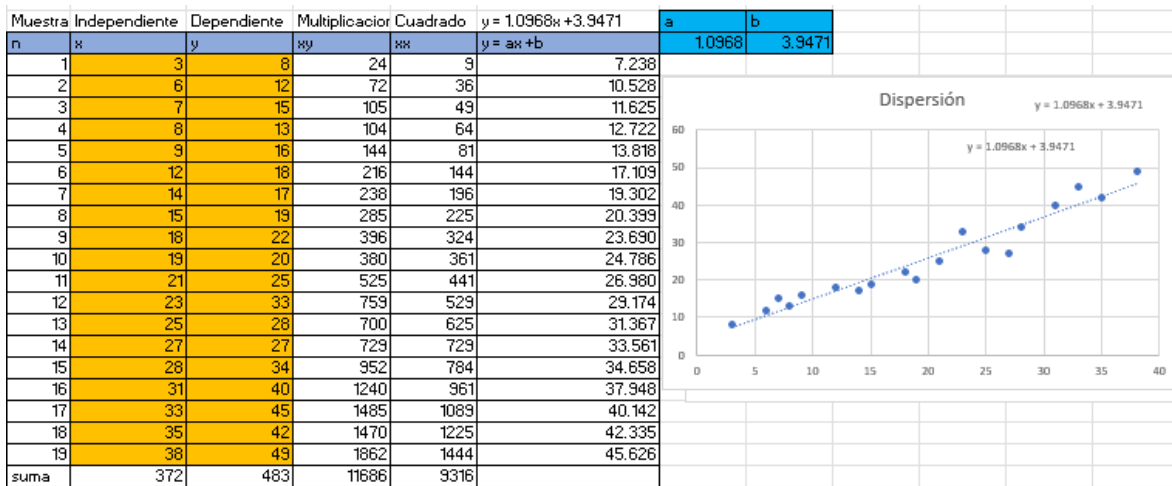


Figura 2 Ejemplo cálculo de la regresión lineal con Excel

### 2.1.9 ANOVA.

La prueba ANOVA o análisis de varianza es un método estadístico que permite descubrir si los resultados de una prueba son significativos, es decir, permiten determinar si es necesario rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa

El ANOVA de un factor es un método estadístico para probar la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que tres o más medias poblacionales son iguales frente a la hipótesis alternativa ( $H_a$ ) de que al menos una de las medias es diferente.

Usando la notación formal de las hipótesis estadísticas con  $k$  medias, escribiríamos

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

$H_a =$  no todas las medias son iguales

Usualmente, el ANOVA de un factor se emplea cuando tenemos una única variable o factor independiente y el objetivo es investigar si las variaciones o diferentes niveles de ese factor tienen un efecto medible sobre una variable dependiente.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

El ANOVA de un factor sólo puede utilizarse cuando se investiga un solo factor y una sola variable dependiente, cuando se comparan las medias de tres o más grupos, puede indicar si al menos un par de medias es significativamente diferente, pero no puede indicar qué par, también requiere que la variable dependiente esté distribuida de manera normal en cada uno de los grupos y que la variabilidad dentro de cada grupo sea similar en todos los grupos.

De tal forma que se estudian los siguientes valores:

1. Variabilidad total = variabilidad por los tratamientos + variabilidad por el error
2. La suma de cuadrados total (SSt) se usa como medida global de variabilidad de los datos (Montgomery, 2013)
3. La suma de cuadrados de los tratamientos (SStrat) se usa para medir la variabilidad de los tratamientos
4. La suma de cuadrados del error (SSe) se usa para medir la variabilidad debida al error
5. Luego:  $SSt = SStrat + SSe$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 2.2 Marco Práctico.

### 2.2.1 Cadena de suministros y logística.

En los últimos tiempos las empresas y sus cadenas de suministro buscan identificar, seguir y controlar el desempeño de sus procesos con el fin de garantizar niveles adecuados de prestación de servicios a sus clientes, utilización de recursos disponibles y cumplimiento de su plan estratégico que permita alcanzar los objetivos y metas dentro de los cuales se incluye la eficiencia de la logística y la gestión de la cadena de suministro.

La cadena de suministro es definida como un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal del flujo del producto a través de la cual la materia prima se convierte en producto terminado y se añade valor al cliente (Ballou, 2004, p. 72).

En tanto, Frazelle (2001, p. 245), indica que las actividades logísticas (respuesta al consumidor, administración de inventarios, aprovisionamiento, transporte y almacenamiento entre otros) activan y conectan las actividades en la cadena de suministro.

Por otro lado, el Council of Logistics Management define la logística como “la parte del proceso de la cadena de suministro encargada de planificar, implementar y controlar de forma eficiente y efectiva el almacenaje y flujo directo e inverso de los bienes, servicios y toda la información relacionada con éstos, entre el punto de origen y punto de consumo, con el propósito de satisfacer de las necesidades de los clientes”.

Finalmente, se debe considerar la logística como parte de la cadena de suministro la cual contribuye a establecer su desempeño y adecuado aporte para atender las necesidades de los clientes partiendo de procesos colaborativos e integrativos con los otros actores de la cadena. Por este motivo, se hace necesario el diseño de sistemas de medición del desempeño de la cadena de suministro y logística integrados y coordinados que permitan alcanzar los objetivos y estrategias organizacionales de forma rápida, eficiente y eficaz.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Castellanos (2009, p. 6) plantea que la importancia de la logística radica en la necesidad de mejorar el servicio a un cliente, optimizando la fase de mercadeo y transporte al menor costo posible; algunas mejoras que se pueden encontrar son: aumento de las líneas de producción, niveles altos en la eficiencia en producción, la cadena de distribución debe mantener cada vez menos inventarios, desarrollo de sistemas de información, entre otras; según estas mejoras se encuentran beneficios como:

- Incremento en la competitividad y mejora de la rentabilidad para superar la globalización.
- Optimización de la gerencia y la gestión logística comercial nacional e internacional.
- Ampliación de la visión gerencial para convertir la logística en un modelo, como un mecanismo para la planificación de las actividades internas y externas de la Empresa.

### 2.2.2 Medición del desempeño de la cadena de suministro, procesos industriales y logísticos.

Según (Handfield & Nichols 2002, p. 43) , un sistema de medición del desempeño para los procesos de las organizaciones dentro de los cuales se considera la cadena de suministro y los procesos industriales y logísticos debe permitir a sus responsables entender su funcionamiento, influir sobre su comportamiento y obtener información sobre su desempeño.

Generalmente, estos sistemas de medición se encuentran compuestos por indicadores de desempeño los cuales se encargan de medir la actuación de los procesos en diferentes áreas de la cadena de suministro tales como: coordinación e integración con otros actores de la cadena, producción, el servicio al cliente, gestión de inventarios, gestión de almacenes, transporte, entre otros. Pero la dificultad que se puede encontrar es la gran cantidad de indicadores a diferentes niveles y procesos lo cual puede dificultar su medición, seguimiento y alineación para alcanzar los objetivos en la cadena de suministro y sus procesos industriales y logísticos involucrados (Frazelle, 2001).



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Para superar dicha situación se propone el uso de un modelo matemático de ratios correlacionado, el cual busca la coordinación y control de los indicadores de desempeño de los procesos para alcanzar los objetivos y estrategias de la empresa.

### 2.2.3 Objetivos de los indicadores industriales y logísticos.

- Identificar, analizar y tomar acciones sobre los problemas operativos de la industria y su logística
- Medir el grado de competitividad de la empresa frente a sus competidores nacionales e internacionales
- Satisfacer las expectativas del cliente mediante la reducción del tiempo de entrega y la optimización del servicio prestado.
- Mejorar el uso de los recursos y activos asignados, para aumentar la productividad y efectividad en las diferentes actividades hacia el cliente final.
- Reducir gastos y aumentar la eficiencia operativa.
- Compararse con las empresas del sector en el ámbito local y mundial (Benchmarking)

### 2.2.4 Modelación de indicadores.

Sólo se deben desarrollar indicadores para aquellas actividades o procesos relevantes al objetivo logístico de la empresa, para lo anterior, se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Identificar el proceso industrial o logístico a medir
2. Conceptualizar cada paso del proceso
3. Definir el objetivo del indicador y cada variable a medir
4. Recolectar información inherente al proceso
5. Cuantificar y medir las variables
6. Establecer el indicador a controlar
7. Comparar con el indicador global y el de la competencia interna
8. Seguir y retroalimentar las mediciones periódicamente
9. Mejorar continuamente el indicador

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 2.2.5 Importancia de la medición del desempeño.

La medición del desempeño de las áreas internas que conforman un proceso productivo permite conocer en tiempo real el estado, la evolución y las problemáticas asociadas, de manera que es posible pronosticar fallas con el fin de generar acciones oportunamente. Medir permite planificar con mayor certeza y confiabilidad los eventos, procesos y procedimientos en toda área interna productiva de la industria, siempre teniendo presente el lazo proveedor-cliente y aliados dentro de la misma (áreas que suministran material o trasladan servicios para realizar determinado proceso y entregar a la siguiente área cliente el producto o servicio requerido). La medición del desempeño permite identificar con mayor precisión las oportunidades de mejora de un proceso dado, incluyendo el análisis y justificación del origen de los eventos. Una de las razones más importantes radica en la necesidad de conocer a fondo los procesos administrativos, técnicos, de producción y apoyo que se den en la industria para gestionar su mejoramiento.

### 2.2.6 Concepto de indicador para medición del desempeño.

Un indicador es una magnitud que expresa el comportamiento o desempeño de un proceso referenciado en variables cuantitativas o cualitativas, que al compararse con algún nivel de referencia permite detectar desviaciones positivas o negativas. También es la conexión de dos medidas relacionadas entre sí, que muestra la relación en ellas (Mejía Nieto, 2012). Trabajar con indicadores exige disponer de todo un sistema que abarque desde la adquisición de los datos que caractericen la ocurrencia del evento hasta la retroalimentación de las decisiones que permiten mejorar los procesos. Los indicadores pueden ser valores, unidades, índices, series estadísticas, etc.; es decir, factores que permiten establecer el logro y el cumplimiento de la misión, objetivos y metas de una organización.

Uno de los objetivos principales de los indicadores de gestión consiste en establecer instrumentos que permitan administrar la organización y/o proceso productivo de forma rápida y proactiva. Esto permite que la gerencia pueda realizar un seguimiento continuo a las metas junto con benchmarking permanente, de forma

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

que los objetivos de la empresa puedan ser reformulados en función del comportamiento de su entorno.

Benchmarking: métodos y prácticas para identificación, exportación y adaptación interna de buenas prácticas, métodos y elementos que pertenecen a otra organización, con fines de mejora. y que ante cualquier eventualidad se ejecuten acciones concretas que generen soluciones reales y de aplicación e impacto a corto plazo.

Antes de realizar la implementación de los indicadores en un estudio de seguimiento y medición de desempeño en una compañía, deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

- Lo que no se puede medir, no se puede controlar.
- Lo que no se puede medir, no existe.
- Los indicadores son un medio y no un fin.
- Actualidad: valor fluctuante basado en la medición acerca de lo que se hace en el presente con los recursos y restricciones existentes.
- Capacidad: es un valor fijo, significa lo máximo que podría hacerse con los recursos existentes y bajo las restricciones presentes. Es importante hacer explícitos los recursos y restricciones que se relacionan con la capacidad máxima.
- Potencialidad: es lo máximo que se puede obtener si se desarrollan los recursos y se remueven los “cuellos de botella” para mejorar la capacidad. (Mora, 2011, págs. 27-140)

En cada una de las alternativas de medición existen algunos paradigmas de orden aleatorio que de cierta forma intervienen en el estudio de los indicadores de gestión. El hecho de que la medición preceda al castigo infiere que el tiempo de medición es casi nulo, situación que dificulta el proceso mismo de la medición, adicionando el hecho de las dificultades que se presentan para censar algunas variables especiales o simplemente el costo que implica el registro de su comportamiento.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 2.2.7 Procedimiento básico para administrar los indicadores.

Este se describe a continuación:

- Contar con objetivos y planes: es fundamental definir objetivos claros, precisos y cuantificables. Adicionalmente, es necesario establecer estrategias para el cumplimiento de los objetivos. Ellos dan el punto de llegada y las características del resultado que se espera.
- Identificar factores críticos de éxito: se entiende por estos aquellos aspectos que se deben mantener bajo control, para lograr el éxito de la gestión, el proceso o la labor que se pretende adelantar.
- Establecer indicadores para cada factor crítico: después de identificar los factores críticos de éxito asociados a la eficiencia, eficacia, productividad, etc., es necesario establecer un indicador que permita realizar el monitoreo antes, durante y después de la ejecución del proyecto. Se debe tener establecida la capacidad de gestión y los recursos disponibles para el desarrollo de la actividad.
- Medir el cumplimiento de estos usando como herramienta los indicadores de gestión (Silva Matiz, 2012).

## 2.2.8 Características de un indicador.

Los indicadores de gestión deben cumplir con unos requisitos de forma que permitan apoyar la gestión para el alcance de los objetivos, que pueden ser: (Silva Matiz, 2012).

### 2.2.8.1 Simplicidad.

Se entiende como la capacidad para definir el evento que se pretende medir de manera poco costosa en tiempo y recursos.

### 2.2.8.2 Validez en el tiempo.

Puede definirse como la propiedad de ser permanente en un periodo deseado.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 2.2.8.3 Adecuación

Corresponde a la facilidad de la medida para describir por completo el fenómeno o efecto. Debe reflejar la magnitud del hecho analizado y mostrar la desviación real del nivel deseado.

### 2.2.8.4 Utilidad.

Es la posibilidad del indicador para estar siempre orientado a buscar las causas que han llevado a que alcance un valor particular y mejorarlas.

### 2.2.8.5 Participación de los usuarios.

Es la habilidad para estar involucrados desde el diseño hasta la ejecución. Es preciso capacitar al personal involucrado en la labor de forma que se garantice la calidad de la ejecución de las estrategias a implementar.

### 2.2.8.6 Oportunidad

Es la capacidad para que los datos sean recolectados a tiempo, igualmente se requiere que la información sea analizada oportunamente para poder actuar.

### 2.2.9 Reglas fundamentales para un buen sistema de indicadores.

1. Los resultados deben medir lo que realmente la industria espera tener durante su proceso productivo, no se debe olvidar que producción hace parte de un conjunto interconectado con otras áreas (mantenimiento, almacén, contabilidad, gerencia, etc.); por lo tanto, las mediciones que se tomen deben representar expectativas industriales en el área de producción.
2. Los indicadores deben ser representativos y fáciles de medir.
3. Los indicadores de resultado deben tener en cuenta a los clientes internos (departamentos o áreas a las cuales se les transfiere material procesado, unidades manufacturadas, etc.). Estas áreas generalmente son distribución, logística, comercialización, entre otras.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

4. Todos los datos que se capturen durante el seguimiento de variables de producción (rendimiento, disponibilidad y calidad) deberán estar almacenados y organizados en un administrador o sistema integrado de información, la información digital debe estar disponible en cualquier instante y su manejo debe ser práctico y flexible.
  
5. Siempre se deben tener como referentes de benchmarking (comparación), los indicadores de la competencia, tanto dentro del mismo sector industrial como externo a éste.
  
6. Es imprescindible sensibilizar y concienciar a todo el personal sobre la importancia de los indicadores para gestión, desde los operadores y técnicos hasta los ingenieros, directores, gerentes, etc.
  
7. Usar solamente los indicadores que son de interés. Es fundamental emplear un número limitado de indicadores. Se recomiendan como máximo 10 u 11 por área. Esta cantidad es suficiente para obtener una visión clara de la situación actual del departamento. No se puede tratar de mejorar algo que no se puede medir.
  
8. Al momento de definir el indicador, todo el equipo de trabajo deberá involucrarse de forma que el comportamiento de los indicadores se traduzca en incentivos adicionales en pro del apersonamiento de las acciones encaminadas al cumplimiento de los objetivos.
  
9. Analizar la eficacia de cada indicador, lo fundamental para comprender este paso es tener claro que un indicador es un medio, nunca un fin. Por ello, entonces, debe interpretarse como una herramienta para alcanzar la mejora continua. Siempre

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

se deben usar los indicadores que hayan sido diseñados para medir determinadas variables exclusivamente y no para medir variables que no son coherentes con el indicador

10. Actualizar y redefinir las fronteras para objetivos trazados inicialmente, los resultados que generan los indicadores no deben ser perpetuos, deben diseñarse como elementos móviles y flexibles, para ajustarse continuamente a los objetivos de la industria. Siempre se deben buscar más razones para continuar mejorando resultados a pesar de que se encuentre en la zona de confianza o normalidad, la normalidad siempre es susceptible a problemas y alteraciones

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Capítulo III Metodología

### 3.1 Desarrollo metodológico.

Para dar inicio al desarrollo de la investigación se revisará y analizará la siguiente información con respecto a los indicadores comunes de trabajo dentro de los procesos industriales y logísticos, lo cual permitirá realizar el estudio de la construcción del modelo, así como la correlación de estos, como ejemplo de este apartado se explicará la naturaleza del indicador OEE el cual servirá como base para el desarrollo de los modelos de ratios matemáticos correlacionados.

Dentro de la estructura del trabajo se contará con el apoyo de elementos clave de 3 empresas, los cuales en virtud de su responsabilidad mantienen puestos de nivel gerencial o superior, donde en conjunto se revisará que indicadores se aplican en forma particular a los procesos de sus operaciones industriales o logísticas tomando en cuenta que con la capacitación de la estructuración de modelos y el trabajo colaborativo se planteara y ejecutaran los modelos matemáticos.

#### 3.1.1 Clasificación de los indicadores.

Se han clasificado los indicadores en esta primera etapa de acuerdo con el objetivo y el resultado alcanzado, tomando en consideración las ratios de estudio, los cuales representaran la relación cuantitativa entre los dos fenómenos , magnitudes u operaciones a representar en los datos de trabajo :

- *Indicadores de cumplimiento:* Teniendo en cuenta que cumplir tiene que ver con la conclusión de una tarea, estos indicadores están relacionados con los ratios que indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos. Como ejemplo podemos considerar: cumplimiento del programa de pedidos, cumplimiento del “cuello de botella”, etc.
- *Indicadores de evaluación:* Dado que la evaluación tiene que ver con el rendimiento que obtenemos de una tarea, trabajo o proceso, los indicadores de



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

evaluación están relacionados con las ratios y/o los métodos que ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora, como ejemplo podemos considerar: evaluación del proceso de gestión de pedidos, evaluación de la entrega en tiempo y forma.

- *Indicadores de eficiencia:* Considerando que la eficiencia se refiere a la capacidad para ejecutar un trabajo o una tarea con el mínimo gasto de tiempo, los indicadores de eficiencia están relacionados con las ratios que indican el tiempo invertido en la consecución de tareas y/o trabajos, como ejemplo podemos considerar: el tiempo de fabricación de un producto, periodo de maduración de un producto, ratio de piezas/ hora, rotación del material, etc.
- *Indicadores de eficacia:* Dado por entendido que ser eficaz significa hacer efectivo un intento o propósito, los indicadores de eficacia están relacionados con las ratios que indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos, como ejemplo tenemos: grado de satisfacción de los clientes con relación a los pedidos.
- *Indicadores de gestión:* asumiendo que la gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas o trabajos programados y planificados, los indicadores de gestión están relacionados con las ratios que permiten administrar realmente un proceso, por ejemplo: administración y/o gestión de los “buffer” de fabricación y de los “cuellos de botella”.

### 3.1.2 Tipos de indicadores en función del objetivo.

Los indicadores se encuentran enmarcados dentro de tres formas de cumplimiento, donde no existe superioridad entre sí, se trata de alternativas disponibles a elegir de acuerdo con el objetivo inicial y la expectativa de los resultados:

- *Eficacia:* grado en que se logran los objetivos y metas de un plan, es decir, cuando los resultados esperados se alcanzan. La eficacia consiste en concentrar los esfuerzos de una entidad en las actividades y procesos que realmente deben llevarse a cabo para el cumplimiento de los objetivos formulados (Mejía C., 2007).

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Los indicadores de este tipo únicamente brindan información de cumplimiento o incumplimiento del objetivo, por lo tanto, se deben usar en conjunto con indicadores de eficiencia y/o efectividad.

- *Eficiencia*: es el logro de un objetivo al menor costo unitario posible. En este caso se busca un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados (Mejía C., 2007). Los indicadores de este tipo brindan información amplia y detallada; sin embargo, la extensión en información generada se puede tornar densa y compleja para el análisis, por lo tanto, se deben usar en conjunto con indicadores de eficacia y efectividad.
- *Efectividad*: este concepto involucra la eficiencia y la eficacia, es decir, el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud y sin ningún desperdicio de tiempo o dinero (Mejía C., 2007). Este tipo de indicadores son los más completos debido a que revelan el estado de avance detallado respecto a los objetivos trazados inicialmente, no obstante, según el tipo de análisis posterior a realizar, se usan frecuentemente junto con indicadores de eficacia y eficiencia. Lo anterior con el fin de evaluar diversos comportamientos reflejados por los indicadores y posteriormente generar respuestas de gestión.

### 3.2 Definición de variables.

*Zonas de Consumo (C)* Dentro de la cadena de suministro los clientes son un factor fundamental, ubicándose éstos en diferentes zonas (Christopher, 2016). La coordinación con las zonas de consumo resulta de vital importancia para una adecuada satisfacción del cliente (Houlihan, 1987), lo cual incrementa la productividad de todo el sistema, en especial cuando se espera una relación a largo plazo (Prajogo & Olhager, 2012). La demanda solicitada por las diferentes zonas de consumo debe ser satisfecha en el menor tiempo posible (Ballou, 2004); lo cual está sujeto a restricciones y requerimientos del resto de participantes de la cadena de suministro (Farias & Borenstein, 2017).

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

*Conjunto de Centros de Distribución (W)*. Un centro de distribución es el espacio físico en donde se almacenan los materiales o productos con el objetivo de equilibrar la oferta y demanda en el mercado. Para que un centro de distribución (W) sea óptimo deberá estar ubicado en un sitio adecuado, debidamente equipado y contar con un sistema de información acorde a las necesidades (Orsi, 2011). Por lo tanto, un conjunto de centros de distribución estará formado por todos aquellos centros que cumplan las especificaciones anteriores.

*Plantas de Fabricación (F)* El proceso de fabricación o producción del cual resulta un producto o servicio, requiere de un espacio físico adecuado al que se lo denomina planta de fabricación (F). Una planta “constituye un sistema productivo completo, flexible y equilibrado para realizar todas las operaciones de una empresa industrial” (Tompla, 2017).

*Proveedores (V)* Generalmente son compañías o personas que proveen o suministran los elementos que la gente requiere o necesita, especialmente a lo largo del tiempo. En el contexto de la cadena de suministro, toda aquella entidad que facilita: materias primas, productos terminados o servicios necesarios requeridos por los distintos participantes de la Cadena de Suministros. Por lo tanto, los proveedores son un factor determinante en el desempeño de la Cadena de Suministros (Palacio, 2002).

*Productos (S)* El flujo de productos determina la estructura de la cadena de suministro (Stevens, 1989); ésta será diseñada entre otros, con el objetivo de sincronizarlo, considerando las preferencias de los consumidores, dado que la variabilidad de los productos influirá en el nivel de servicio prestado al cliente y en general en el desempeño de la cadena de suministro (CS) (Um, Lyons, Lam, Cheng, & Dominguez-Pery, 2017).

La Ruta (P) dentro del contexto de la Cadena de suministros (CS), será aquella que facilite la entrega del producto desde el proveedor hacia el cliente, buscando la mínima distancia posible. La selección de la ruta ha de considerar, además, medidas necesarias para que el producto llegue en condiciones adecuadas al lugar

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

correcto y en el momento oportuno; todo lo cual tendrá como objetivo minimizar los costos (Vega Rizo, 2010)

### 3.3 Gestión de la cadena de suministros.

Un componente crucial para la planificación de las actividades de producción de una organización es el diseño de la cadena de suministro, para (Shen, 2005), el gestionar la cadena de suministro en el contexto empresarial competitivo de hoy es uno de los problemas más importantes y difíciles para los ejecutivos, por ello resolver problemas para definir modelos de redes de la cadena de suministro es una importante línea de investigación, tanto en el sector privado como en el sector público (Klibi, Martel, & Guitouni, 2009).

El rápido desarrollo de la tecnología de la información, un menor ciclo de vida de los productos y la compra de pequeños lotes, definen el comportamiento dinámico de las cadenas modernas de suministro; estos aspectos han contribuido a la creciente incertidumbre de la demanda y en consecuencia, ha incrementado la importancia de las cadenas de suministro (Daugherty, 2011; Melo, Nickel, & Saldanha-da-Gama, 2009).

En este ámbito, el tratamiento de las redes en la cadena de suministro también se relaciona con la búsqueda de ventajas competitivas y con el alineamiento de las operaciones de la compañía con sus principales objetivos. Además, es importante considerar que la estrategia de distribución está influenciada también por la gama de productos disponibles en cada planta, el suministro de los proveedores de materias primas y por la cantidad de productos terminados disponibles en los centros de distribución (W)

A continuación se presenta una serie de indicadores base o establecidos, que funcionarían como elementos descriptores de procesos, por lo que tomando en cuenta estos y los que se generen de forma particular, estarán definidos los indicadores con los que se trabajara en el desarrollo del modelo Matemático de estudio de variables, tomando en cuenta que estos están argumentados en función de los datos y la estadística descriptiva de los valores promedio de los procesos

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

estudiados de tal forma que se desarrollara la modelación de los ratios y su aplicación en los casos tipo.

### 3.3 Indicadores generales de estudio.

#### 3.3.1 Indicador de Utilización.

Ratio entre la capacidad utilizada y la disponible

$$\mathbf{Utilización} = \frac{\textit{Capacidad utilizada}}{\textit{Capacidad disponible}} \times 100$$

#### 3.3.2 Indicador de Rendimiento.

Ratio entre la producción real y la esperada

$$\mathbf{Rendimiento} = \frac{\textit{Nivel de producción real}}{\textit{Nivel de producción esperada}} \times 100$$

#### 3.3.3 Indicador de Productividad.

Ratio entre los valores reales de la producción y los esperados

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\textit{Valor real producción}}{\textit{Valor esperado de la producción}} \times 100$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 3.4 Indicadores factibles en los procesos de la cadena de suministros.

#### 3.4.1 Indicadores del Análisis de Abastecimiento.

##### 3.4.1.1 Indicador Calidad de los Pedidos Generados.

Descripción: Número y porcentaje de pedidos de compras generadas sin retraso, o sin necesidad de información adicional.

$$\text{Formula: } \frac{\text{Productos Generados sin Problemas}}{\text{Total de pedidos generados}} \times 100$$

Impacto: Cortes de los problemas inherentes a la generación errática de pedidos, como: costo del lanzamiento de pedidos rectificadores, esfuerzo del personal de compras para identificar y resolver problemas, incremento del costo de mantenimiento de inventarios y pérdida de ventas, entre otros.

##### 3.4.1.2 Indicador Entregas perfectamente recibidas.

Descripción: Número y porcentaje de pedidos que no cumplen las especificaciones de calidad y servicio definidas, con desglose por proveedor

$$\text{Formula: } \frac{\text{Pedidos Rechazados}}{\text{Total de Órdenes de Compra Recibidas}} \times 100$$

Impacto: Costos de recibir pedidos sin cumplir las especificaciones de calidad y servicio, como: costo de retorno, coste de volver a realizar pedidos, retrasos en la producción, coste de inspecciones adicionales de calidad, etc.

##### 3.4.1.3 Indicador Nivel de cumplimiento de Proveedores.

Descripción: Consiste en calcular el nivel de efectividad en las entregas de mercancía de los proveedores en la bodega de producto terminado

$$\text{Formula: } \frac{\text{Pedidos Recibidos Fuera de Tiempo}}{\text{Total Pedidos Recibidos}} \times 100$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Impacto: Identifica el nivel de efectividad de los proveedores de la empresa y que están afectando el nivel de recepción oportuna de mercancía en la bodega de almacenamiento, así como su disponibilidad para despachar a los clientes

### 3.4.2 Indicadores de Análisis de inventarios.

#### 3.4.2.1 Indicador Índice de Rotación de Mercancías.

Descripción: Proporción entre las ventas y las existencias promedio. Indica el número de veces que el capital invertido se recupera a través de las ventas.

$$\text{Formula: } \frac{\text{Ventas Acumuladas}}{\text{Inventario Promedio}} \times 100 \text{ dias}$$

Impacto: Las políticas de inventario, en general, deben mantener un elevado índice de rotación, por eso, se requiere diseñar políticas de entregas muy frecuentes, con tamaños muy pequeños. Para poder trabajar con este principio es fundamental mantener una excelente comunicación entre cliente y proveedor.

#### 3.4.2.2 Indicador costo del Inventario.

Descripción: Se determina midiendo el costo de las referencias que en promedio presentan irregularidades con respecto al inventario lógico valorizado cuando se realiza el inventario físico

$$\text{Formula: } \frac{\text{Valor Diferencia (\$)}}{\text{Valor Total de Inventarios}}$$

Impacto: Se toma la diferencia en costos del inventario teórico versus el físico inventariado, para determinar el nivel de confiabilidad en un determinado centro de distribución. Se puede hacer también para exactitud en el número de referencias y unidades almacenadas

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 3.4.2.3 Indicador Índice de duración de Mercancías.

Descripción: Proporción entre el inventario final y las ventas promedio del último período. Indica cuantas veces dura el inventario que se tiene.

$$\text{Formula: } \frac{\text{Inventario Final}}{\text{Ventas Promedio}} \times 30 \text{ dias}$$

Impacto: Altos niveles en ese indicador muestran demasiados recursos empleados en inventarios que pueden no tener una materialización inmediata y que esta corriendo con el riesgo de ser perdido o sufrir obsolescencia.

### 3.4.3 Indicadores de Análisis de almacenamiento.

#### 3.4.3.1 Indicador costo de Almacenamiento por Unidad.

Descripción: Consiste en relacionar el costo del almacenamiento y el número de unidades almacenadas en un período determinado

$$\text{Formula: } \frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Número de unidades almacenadas}}$$

Impacto: Sirve para comparar el costo por unidad almacenada y así decidir si es más rentable subcontratar el servicio de almacenamiento o tenerlo propiamente.

#### 3.4.3.2 indicador costo por unidad despachada.

Descripción: Porcentaje de manejo por unidad sobre los gastos operativos del centro de distribución .

$$\text{Formula: } \frac{\text{Costo Total Operativo Bodega}}{\text{Unidades Despachadas}}$$

Impacto: Sirve para costear el porcentaje del costo de manipular una unidad de carga en la bodega o centro distribución.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 3.4.3.3 Indicador Nivel de cumplimiento del Despacho.

Descripción: Consiste en conocer el nivel de efectividad de los despachos de mercancías a los clientes en cuanto a los pedidos enviados en un período determinado.

$$\text{Formula: } \frac{\text{Número de despachos cumplidos}}{\text{Número total de despachos requeridos}} \times 100$$

Impacto: Sirve para medir el nivel de cumplimiento de los pedidos solicitados al centro de distribución y conocer el nivel de agotados que maneja la bodega.

### 3.4.3.4 Indicador Costo por Metro Cuadrado

Descripción: Consiste en conocer el valor de mantener un metro cuadrado de bodega.

$$\text{Formula: } \frac{\text{Costo Total Operativo Bodega}}{\text{Área de almacenamiento}} \times 100$$

Impacto: Sirve para costear el valor unitario de metro cuadrado y así poder negociar valores de arrendamiento y comparar con otras cifras de bodegas similares.

Debemos tomar en cuenta que cada uno de los indicadores cumplen un rol individual para las directrices de la organización, pero si se dimensionan y conjuntan, puede alcanzarse un mayor impacto, cuando estos son coordinados en forma conjunta para alcanzar objetivos comunes en la cadena de suministro como: reducción de costos, niveles adecuados de servicio al cliente, procesos operacionales ágiles y flexibles y procesos colaborativos con otros actores participantes de la cadena.

Para cada eslabón de la cadena de suministro en todos los procesos industriales y logísticos se puede encontrar que el objetivo fundamental es la satisfacción del cliente, por lo tanto si un proceso quiere ser productivo y efectivo debe focalizarse a medir la eficacia de todos los actores y procesos implicados, para un obtener un

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

servicio eficaz según cada requerimiento; buscando así la sincronización de toda la cadena productiva.

A continuación, se describe el indicador conjunto que sirve como base para la creación propia de los modelos de ratios matemáticos conjuntos

### 3.5 Indicador OEE.

El OEE es un indicador que mide la eficacia de la maquinaria industrial, y que se utiliza como una herramienta clave dentro de la cultura de mejora continua, sus siglas corresponden al término inglés “Overall Equipment Effectiveness” o “Eficacia Global de Equipos Productivos”.

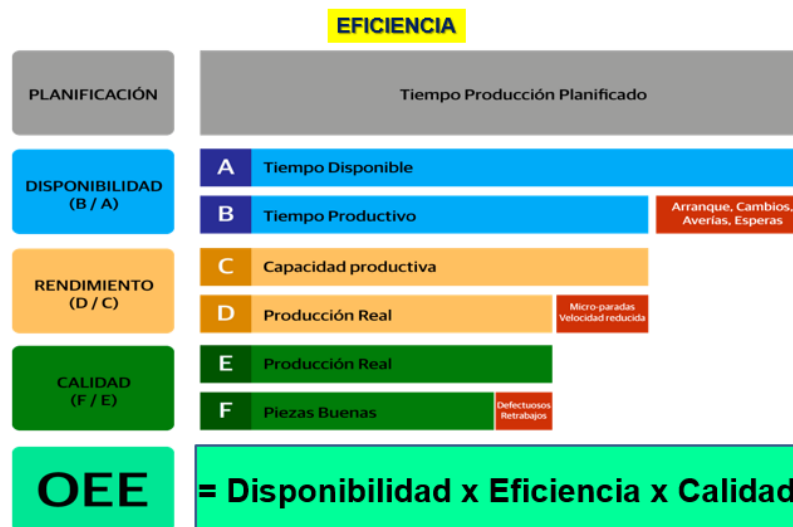


Figura 3 Diagrama de interpretación del OEE.(Fuente Propia)

#### 3.5.1 Utilidad del OEE.

En las empresas a menudo existe la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficiencia de los procesos productivos. Además, hay que tener en cuenta que sólo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Ahí es donde entra el OEE.

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Esta herramienta es capaz de indicar, mediante un porcentaje, la eficacia real de cualquier proceso productivo. Esto es un factor clave, para poder identificar y paliar posibles ineficiencias que se originen durante el proceso de fabricación.

### 3.5.2 Ventajas del indicador OEE y los modelos de ratios matemáticos conjuntos.

La correcta implementación de un sistema OEE repercute directamente en el rendimiento que se va a obtener del proceso de manufactura. Esto se debe a que se reducen los tiempos en los que las máquinas están paradas, se identifican las causas por las que hay pérdidas de rendimiento (cuellos de botella y velocidades reducidas), y aumenta el índice de calidad del producto, minimizando retrabajos y pérdidas ocasionadas por elaboración de producto defectuoso. No sólo eso, mostrar información fiable en tiempo real del proceso aumenta significativamente la eficiencia de los empleados, y facilita su trabajo.

### 3.6 Recursos por utilizar.

Para la realización de la investigación y el desarrollo del proyecto será necesario contar con diferentes tipos de información desde las bases teóricas matemáticas y conceptuales que definan el problema hasta datos, argumentos y opiniones directas de los procesos logísticos e industriales de la empresa, así como de herramientas de análisis estadísticos como el análisis de datos del programa Excel.

#### 3.6.1 Recursos técnicos y humanos.

Será necesario la revisión de diferentes bibliografías y artículos relacionados con el tema, así como la entrevista de diferentes practicantes, trabajadores y empleadores que figuran como el elemento clave de la industria tomando en consideración desde los niveles medios hasta las altas gerencias que sean capaces de proporcionar información sensible de los datos requeridos de la empresa.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 3.6.2 Recursos materiales y financieros.

Durante las primeras etapas los recursos materiales necesarios para la investigación incluirá la adquisición de un equipo de cómputo portátil, libros especializados en el tema y posible paquetería especializada en análisis estadístico y edición de ecuaciones considerando la adquisición de softwares con licencia como Minitab, Matlab y DS en versiones de no más de cinco años de lanzamiento, así como la conectividad a una red de internet, dentro de la investigación podrían considerarse cursos de actualización, capacitación y asistencia a congresos referentes a los temas de trabajo.

La inversión del proyecto se mantendrá en un estatus de auto costeable por parte del autor y en caso de existir recursos externos se gestionará a través de la posible interrelación con las empresas de trabajo que bien tengan a brindar los datos generando una sinergia ganar - ganar en el proceso.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Capítulo IV Desarrollo.

### 4.1 Argumentación del desarrollo.

En función de la investigación y contando con la información pertinente con respecto al diseño y desarrollo de indicadores se procedió a generar los contactos con elementos clave de por lo menos tres empresas donde en colaboración se busca desarrollar con los datos propios de sus áreas de trabajo los modelos de ratios matemáticos conjuntos, esto a través de las siguientes fases de trabajo.

#### 4.1.1 Muestra Resumen de los indicadores.

Se presentan en el siguiente diagrama y tablas, indicadores típicos que sirven como referencia de uso para visualizar su ocupación dentro de la práctica empresarial o en su defecto como ejemplos de los datos y cocientes que se pueden desarrollar con la información compartida.



Figura 4 Clasificación de los indicadores. (Fuente propia)

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

<b>INDICADORES TÍPICOS</b>
$\text{Utilización} = \frac{\text{Capacidad utilizada}}{\text{Capacidad disponible}} \times 100$
$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Nivel de producción real}}{\text{Nivel de producción esperada}} \times 100$
$\text{Productividad} = \frac{\text{Valor real producción}}{\text{Valor esperado de la producción}} \times 100$

Figura 5 Tabla resumen de indicadores típicos. (Fuente propia)

<b>Indicadores de análisis de abastecimiento</b>
<b>Indicador Índice de Rotación de Mercancías</b>
Formula: $\frac{\text{Ventas Acumuladas}}{\text{Inventario Promedio}} \times 100 \text{ dias}$
<b>Indicador Exactitud del Inventario</b>
Formula: $\frac{\text{Valor Diferencia (\$)}}{\text{Valor Total de Inventarios}}$
<b>Indicador Índice de duración de Mercancías</b>
Formula: $\frac{\text{Inventario Final}}{\text{Ventas Promedio}} \times 30 \text{ dias}$

Figura 6 Tabla resumen de indicadores de análisis de abastecimiento. (Fuente propia)

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

<b>Indicadores de Análisis de almacenamiento.</b>
<b>Indicador costo de Almacenamiento por Unidad</b>
Formula: $\frac{\text{Costo de almacenamiento}}{\text{Número de unidades almacenadas}}$
<b>Indicador costo por unidad despachada</b>
Formula: $\frac{\text{Costo Total Operativo Bodega}}{\text{Unidades Despachadas}}$
<b>Indicador Nivel de cumplimiento del Despacho</b>
Formula: $\frac{\text{Número de despachos cumplidos}}{\text{Número total de despachos requeridos}} \times 100$
<b>Indicador Costo por Metro Cuadrado</b>
Formula: $\frac{\text{Costo Total Operativo Bodega}}{\text{Área de almacenamiento}} \times 100$

Figura 7 Tabla resumen de indicadores de análisis de almacenamiento (Fuente propia)

#### 4.1.1.2 Fases de trabajo

##### Fase 1: Primer contacto y entrevista

En esta fase se explica y detalla la propuesta de investigación colaboración y desarrollo de trabajo se muestra una serie de diagramas que explican los pormenores del uso y diseño de indicadores.

##### Fase 2: Análisis estadístico descriptivo de los datos, Modelación y ejemplificación del indicador

Se revisan los datos de trabajo y se desarrolla la estadística descriptiva necesaria para cada caso en particular, se observa la factibilidad del uso de las herramientas de análisis, el uso de los diagramas de dispersión y similares con el objetivo de

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

identificar si la información proporcionada permite generar los cocientes de trabajo y se pueden construir indicadores factibles de interpretación.

### Fase 3: Desarrollo del modelo conjunto seguimiento y retroalimentación

En esta etapa se desarrolla el modelo conjunto, evalúa el resultado obtenido y se emiten las conclusiones y recomendaciones particulares de los casos de estudio.

Considerando la protección de datos y la sensibilidad de la información y teniendo como fin académico el trabajo de grado, los datos presentados no serán referenciados a el nombre de la empresa, sin embargo se ocupara una descripción genérica del rubro de trabajo y de la metodología aplicada, donde uno de los objetivos en conjunto es mantener una sinergia de ganar- ganar puesto que se desarrollaran los indicadores base para construir el modelo matemático de ratios correlacionados, el cual tiene la principal ventaja frente a otras mediciones de que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales del proceso a estudiar y esto por medio de al menos tres coeficientes correlacionados, de tal manera que el elemento clave podrá aplicar la estrategia y a su vez el trabajo de grado mostrara la utilidad de la investigación en una práctica real.

#### 4.1.2 Arranque del desarrollo

Se realizan las entrevistas con los elementos clave que colaboran en el desarrollo del trabajo y en reunión se les muestra y explica los por menores sobre los tipos de indicadores y la modelación matemática de los ratios, donde se mencionan los datos e información estadística que se puede necesitar para realizar las proporciones.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## 4.2 Primer caso.

Empresa dedicada a la producción venta y distribución del ramo alimenticio de lácteos y sus derivados.

### 4.2.1 Fase 1.

Se procede a realizar el primer contacto con el elemento clave, explicar la metodología del trabajo y obtener los datos de seguimiento y control del caso

Contexto de la empresa, el área y el responsable.

Puesto del elemento Clave : Jefe de planta de producción .

Experiencia en el Puesto 5 años

Funciones principales: cumplimiento a los programas de producción, control presupuestal, control de personal sindicalizado, control administrativo y operativo de la planta de 2 procesos, donde existen productos pasteurizados y ultra pasteurizados considerando que se elaboran varios productos.

Personal a cargo: 67 trabajadores, de las cuales 61 son sindicalizadas y 6 son de confianza

Jornada de trabajo: Se trabajan 3 turnos

Primero, turno matutino de 6:30 a 14:30 horas

Segundo, turno vespertino de 14: 30 a 22 :00 horas

Tercero, turno Nocturno de 22:00 horas a 5:00 horas

Objetivo a priori del Jefe de Planta: Mantener la certificación de la norma BRC “*British Retail Consortium*” (Consortio Británico de Minoristas), La norma BRC es un estándar mundial para la seguridad de los alimentos, cada año se tiene que lograr que se mantenga la recertificación y se cumpla con todo lo indicado.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

La norma BRC se gestiona con una doble finalidad, por un lado, asegurar el cumplimiento de los proveedores, y por otra parte proporcionar a los minoristas una herramienta con la que garantizar la calidad y seguridad de los productos alimenticios que comercializan.

En la actualidad, la norma BRC es conocida y utilizada a nivel mundial tanto por minoristas como por empresas procesadoras en la producción de alimentos seguros y en la selección de proveedores confiables.

Respecto a la función principal del cumplimiento de programas de producción las actividades a realizar son elaboración de los productos, procesamiento de los productos envasados y empacados de los productos.

Es importante mencionar que hablando del control presupuestal se debe generar el cumplimiento al presupuesto otorgado por la organización buscando ahorros en el mismo para el próximo presupuesto anual y esto radica también en el seguimiento del personal sindicalizado, derivado de que existe una gestión administrativa en donde el principal control es el manejo del tiempo extra, el costo de la capacitación del personal y el cumplimiento del personal en las labores operativas que inciden en la normativa BRC.

Área de cobertura principal el centro y norte de la República Mexicana el sur se cubre con una alianza que se tiene con GEPP, el cual es el embotellador exclusivo de cobertura en México, manufacturando y distribuyendo diferentes marcas.

Dentro de esta empresa y en el área de planta de producción se manejan objetivos de excelencia operativa, dentro de los cuales está la eficiencia de la producción y la disminución de las mermas.

Se manejan objetivos de calidad dentro de ellos está la disminución de los eventos de calidad y disminución del costo de la mala calidad, estas definiciones son propias de la empresa y hacen referencia circunstancias que impidan llegar a las metas de producción y a incidencias que tengan que ver con la falta de entrega a cliente, así que se busca la disminución del costo de la mala calidad, donde se tiene la principal consigna de generar un servicio al cliente perfecto.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Tomando en consideración el cumplimiento al servicio y el nivel del servicio se da un especial interés al programa de producción el cual viene directamente del área de ventas y el pronóstico que pasa a planta de la demanda esperada, lo cual impacta directamente en las metas financieras dentro de las cuales está el garantizar el control presupuestal buscando en todas las áreas la mejora continua

#### 4.2.2 Fase 2.

Una vez cociendo la información y los datos históricos y descriptivos que se revisaron se presenta el resumen de la información y el proceso del desarrollo del modelo

Es importante mencionar que previo a este punto se revisó información de la empresa y se explicó la teoría de indicadores al Jefe de planta y se decidió en conjunto ocupar los indicadores de cumplimiento que en función de las actividades realizadas y a la gestión de los recursos humanos, administrativos, financieros y materiales se desarrollan los siguientes modelos.

La descripción de los modelos y la información se redactarán como ejemplo tipo.

1.- Indicador, Modelo de la capacidad instalada.

Actualmente la empresa cuenta con un equipo de ultra pasteurizado con una capacidad de 18,000 litros por hora y una máquina envasadora con capacidad de diferentes formatos en volumen, en donde su velocidad nominal es de 24,000 piezas por hora.

En términos generales se pueden producir 24,000 piezas de producto con 18,000 litros.

El horario laboral de la máquina es de 18.5 el resto del día se utiliza para lavados finales y para mantenimientos, lo que representa un 77% de horario de trabajo.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

La capacidad instalada de producción puede generar los siguientes datos.

Denominaciones

CIP = Capacidad instalada de producción

TTE = tiempo de trabajo efectivo

PPP= Piezas producto producidas

PR= Producción real

Formula 1 de trabajo para el desarrollo del indicador

Capacidad instalada de producción = tiempo de trabajo efectivo X Piezas producto producidas

$$CIP = TTE \times PPP$$

$$CIP = 18.5 \text{ horas} \times 24,000 \text{ productos} = 444,000 \text{ Productos por jornada}$$

#### 4.2.2.1 Indicador modelo uso de la capacidad instalada.

UCI= Uso de la capacidad instalada

$$\text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{\text{Produccion real}}{\text{Capacidad instalada de produccion}} \times 100$$

$$\text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{PR}{CIP} \times 100 =$$

Una vez desarrollado el primer indicador se procedió a revisar los datos históricos de producción de 3 meses.

Donde se desea verificar si puede comprobarse para este caso la hipótesis nula donde se manifiesta que las producciones mes con mes pueden considerarse iguales. donde el símbolo  $\mu$  representa el promedio de la producción mensual.

Hipótesis nula

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

Hipótesis alterna que define que los valores son diferentes entre sí.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$

El medio de la aceptación de la hipótesis será a través del Análisis de varianza.

### Datos históricos en tabulaciones

	1 mes
1	347545
2	325149
3	234045
4	260345
5	224322
6	224047
7	254877
8	281952
9	389197
10	384893
11	277544
12	269882
13	366952
14	345234
15	348597
16	387999
17	237396
18	261038
19	258924
20	323520
21	374420
22	308873
23	311143
24	189935

	2 mes
1	221105
2	318353
3	360956
4	195384
5	223303
6	380123
7	305689
8	286469
9	309880
10	390491
11	373439
12	268281
13	400812
14	375424
15	208082
16	287203
17	384928
18	374104
19	260142
20	276829
21	331135
22	318329
23	192379
24	374705

	3 mes
1	394420
2	218719
3	258272
4	202671
5	190928
6	240267
7	403503
8	320720
9	311553
10	278942
11	284516
12	319265
13	307894
14	410324
15	266196
16	371663
17	361157
18	280701
19	416850
20	193675
21	368552
22	363774
23	339957
24	317701

"2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México".

25	311100	25	407631	25	402560
26	356087	26	322161	26	199488
27	359591	27	254476	27	345787
28	372296	28	243906	28	381147
29	377447	29	222810	29	308636
30	367805	30	375043	30	342277
		31	387755	31	396504
Promedio	311072	Promedio	310688	Promedio	316084

Promedio de promedios	312615
-----------------------	--------

### Análisis de varianza

Análisis de varianza de un factor						
RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	30	9332155	311071.8333	3461375804		
Columna 2	30	9243572	308119.0667	4589447432		
Columna 3	30	9402115	313403.8333	4778107242		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	420858137.1	2	210429068.5	0.049208093	0.952009485	3.101295757
Dentro de los grupos	3.72039E+11	87	4276310160			
Total	3.7246E+11	89				

Figura 8 Anova (fuente propia)

Realizando un análisis de varianza de un factor para los productos envasados en los tres diferentes meses observamos lo siguiente:

La varianza de todos los meses es muy grande lo cual podremos observar en los comportamientos gráficos de los diagramas de dispersión y regresión lineal esto indica que dentro de cada grupo o mes son muy diferentes los niveles diarios de producción sin embargo como comparativo entre los meses el valor crítico de F es 3.1 y nuestro valor F es de 0.049 lo que indica que estadísticamente los meses son

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

muy parecidos entre sí y no hay una alta diferencia entre ellos y esto lo podemos corroborar con los siguientes diagramas y sus ecuaciones que no indican que el comportamiento es muy similar, por lo que se comprueba la hipótesis nula.

Las pendientes y las ecuaciones, así como los valores que representan las ordenadas son muy parecidos si este comportamiento es regular en cada uno de los meses o en los trimestres analizados entonces el indicador de capacidad utilizada será similar lo cual podrá arrojar conclusiones y tomas de decisiones aplicables a los parámetros de estudio y a la predicción del comportamiento.

Se muestran a continuación las gráficas de Comportamiento lineal.

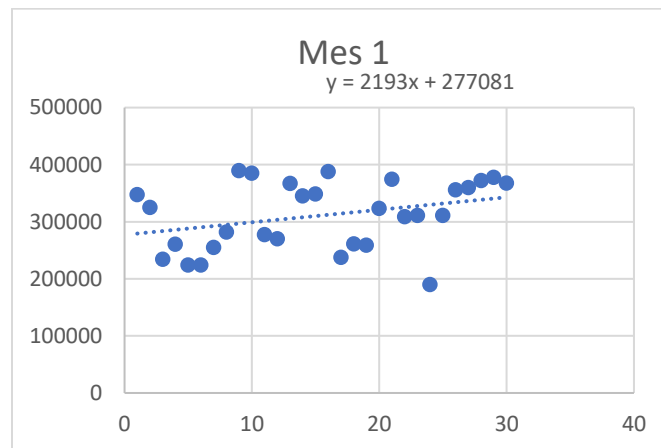


Figura 9 análisis de regresión lineal (Fuente propia)

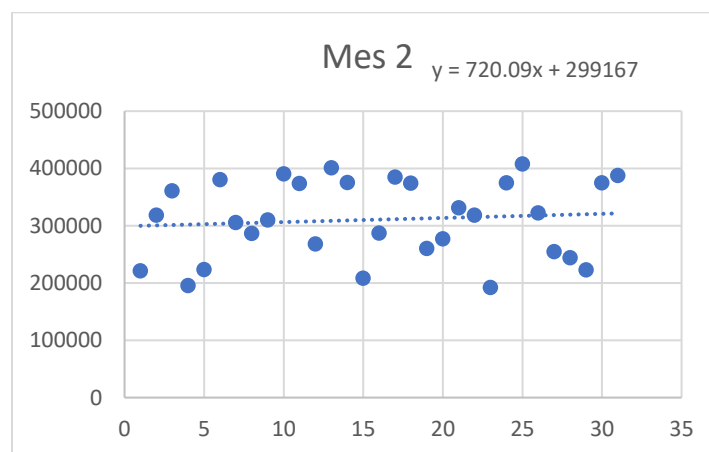


Figura 10 análisis de regresión lineal (Fuente propia)

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

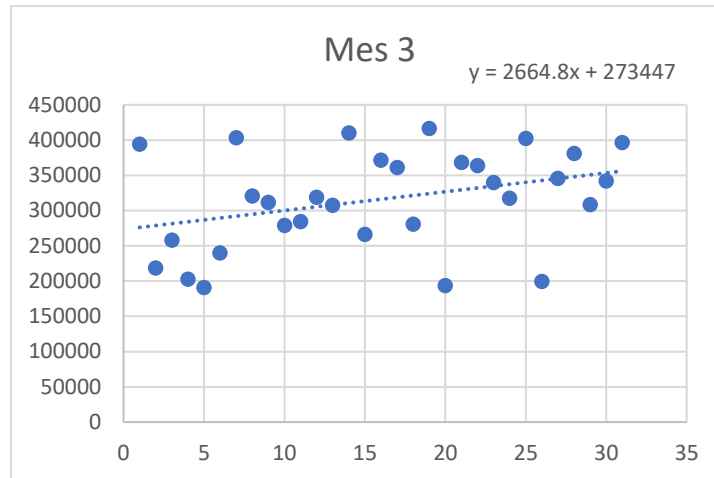


Figura 11 análisis de regresión lineal (Fuente propia)

Ocupando los datos de cada mes y el general obtenemos lo siguiente.

$$1. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{311,072}{444,000} \times 100 = 70.06\%$$

$$2. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{310,668}{444,000} \times 100 = 69.97\%$$

$$3. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{316,084}{444,000} \times 100 = 71.19\%$$

General

$$4. - \text{Uso de la capacidad instalada} = \frac{312,065}{444,000} \times 100 = 70.28\%$$

En conjunto con el estudio estadístico de los promedios, el análisis de varianza y los diagramas de dispersión y la regresión lineal ,obtenemos que trabajamos un 70% de lo que podríamos hacer, y es aquí donde se llega a una primera conclusión y que impacta directamente en la toma de decisiones, porque si es bien sabido que no se va a vender más, entonces la capacidad instalada de producción esta sobrada en un 30%, por lo que no es necesario o las horas de trabajo indicadas de producción o los turnos y personal considerado.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Este indicador puede obtenerse diariamente, semanalmente, mensualmente, trimestralmente según la necesidad del reporte, pero hasta el momento los datos reflejan que se está teniendo una sobrecapacidad bastante considerable puesto que el objetivo es acercarnos al 100% y si no es posible vender más, no produciremos más, puesto que se sabe que se tiene la capacidad de producir más, pero realidad no buscamos producir menos, si no trabajar eficientemente.

Y esto nos da pie a comenzar a estructurar el siguiente indicador de productividad conocido.

Para poner el contexto del impacto de esto se presenta la siguiente información dentro del almacén de producto terminado se tiene una capacidad de 22,238 tarimas lo que equivale entre diez y doce días de inventario, al día salen en promedio 15 camiones lo que resulta en una semana de 105 y al mes alrededor de 120, tomando en cuenta que en esta planta se está trabajando al 70% de su capacidad si esto disminuye o aumenta las operaciones logísticas se ven afectada por lo que se tienen juntas semanales para revisar el manejo de todo lo que se gestiona, es importante entender que cuando los días de inventario bajan le van a pedir a producción incrementar y trabajar más, sin embargo es posible por el indicador que observamos y de la misma forma en función de producción distribución debe planear lo que se va a entregar de forma correcta y adecuada en tiempo y forma.

#### 4.2.2.2. Indicador Modelo de tiempo.

Denominaciones

ET= Eficacia del tiempo de trabajo

TP = tiempo Programado

TU= Tiempo utilizado

PD= producción diaria

CPD= Capacidad producida diaria.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

$$\textit{Tiempo programado} = \frac{\textit{produccion real}}{24,000 \textit{ piezas hora}}$$

Datos del promedio del primer mes

$$\textit{Tiempo programado} = \frac{311,072}{24,000 \textit{ piezas hora}} = 12.96 \textit{ horas}$$

Eficiencia del tiempo de trabajo

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Tiempo programado}}{\textit{Tiempo disponible}} \times 100$$

$$\textit{Eficiencia} = \frac{12.96 \textit{ horas}}{18.5 \textit{ horas disponibles}} \times 100 = 70.05\%$$

Entonces actualmente se tiene una eficiencia de 70 % y se debe tomar en cuenta que esta eficiencia puede ser todavía menor por que pueden existir también en la maquina problemas mecánicos , eléctricos, falta de refacciones, (mantenimiento , proveedor) que reducen la eficiencia de trabajo.

Pero en una conclusión general no se aprovecha todo el tiempo, nuevamente hay sobrante de esta dimensión, y es tiempo que se paga, este indicador va directamente relacionado con el anterior y sus resultados son muy parecidos, si se realiza con cualquiera de los otros tres datos las respuestas esperadas serán muy similares ya que la variación de la información general es pequeña.

#### 4.2.2.3 Indicador Modelo de calidad del producto.

En función de la producción se pasa a un área de calidad donde la producción diaria se coteja, es importante hacer notar que esto es diario e impacta en la labor del jefe de planta, aunque él no ejecute esta actividad, el indicador ya está definido, se reporta que el máximo permisible es del 2% y la generalidad oscila entre el 0.05% y el 1.2% dando al final un indicador de calidad cercano al 98-99%.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Para el caso de la investigación el jefe de planta comparte el indicador del día anterior que le fue reportado.

IC= Indicador de calidad

$$\text{indicador de calidad} = \frac{\text{total de piezas en condiciones}}{\text{total de piezas envasadas}} \times 100$$

Producción del día 344678 piezas envasadas

Total, de piezas en condiciones 343966

$$\text{indicador de calidad} = \frac{343966}{344678} \times 100 = 99.79\%$$

El número de piezas sin condición es:

$$344678 - 343966 = 712$$

Este indicador se manifiesta, que es constante puesto que existe el mínimo permitido de productos sin las condiciones adecuada.

Cabe destacar que en el caso de estos productos pertenecer a una entrega, existen productos en existencia para cubrir la demanda ya que en la gestiones diarias de producción se consideran en días clave elementos que fungen de stock de seguridad, además que la producción diaria está estimada y pronosticada en la demanda con un factor de corrección del +,- 2 % de lo requerido.

#### 4.2.3 Fase 3 .

##### 4.2.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 1.

En este punto del estudio del caso se han diseñado y definido dos indicadores de trabajo en el área de Planta y se tiene uno que es conocido, sin embargo el efecto de la aplicación esta dado en la correlación de los mismos, puesto que los tres indicadores en la naturaleza de su información y datos están estrechamente

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

relacionados, pues es así el caso de la producción de piezas, el tiempo de trabajo y la calidad del producto producido y la relación de estos tres generan el indicador principal de trabajo denominado en esta ocasión Eficiencia Operativa, es importante mencionar que cada empresa define sus indicadores y relaciona aquellos que impactan directamente en el resultado de un proceso, este es un diseño exclusivo que mide la eficiencia operativa de esta planta.

EO= Eficiencia operativa.

UCI= Uso de la capacidad instalada.

ET= Eficacia del tiempo de trabajo.

IC= Indicador de calidad.

De tal forma que el indicador se define como:

$$EO = UCI \times ET \times IC \times 100$$

Tomando en cuenta nuestros resultados

$$EO = (0.7028) \times (0.7005) \times (.9979) = 0.4912 \times 100 = 49.12\%$$

#### 4.2.3 2 Interpretación de resultados.

Finalmente este resultado define la Eficiencia Operativa, donde en una primera instancia puede sorprender el resultado, ya que en apariencia se cumple con la producción, se cumple con la calidad y se cumple con el producto al cliente, pero se llega a olvidar los datos que al final nos están haciendo perder o no generar mayor ingreso ya que solo están produciendo el 70% de su capacidad real (sobre capacitado), solo se trabaja el 70% del tiempo que se debería trabajar (existe entonces un mayor pago de recurso humano por lo que realmente se hace.)

A partir de estos análisis es donde se debe realizar las recomendaciones o sugerencias pertinentes que en su mayoría tienen que ver con la redistribución del trabajo, del tiempo y del personal y que su vez no debe pensarse en el despido si

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

no en el manejo correcto de los recursos, o en su defecto en la ampliación de la cartera de clientes y mercado, la cual también es otra alternativa puesto que se tiene la capacidad, el tiempo y el recurso humano para poder elevar los indicadores, y es aquí donde las estrategias de mercadotecnia y fuerza de ventas pueden jugar un papel importante.

Cabe destacar que este es un caso tipo de un área de la empresa, tomando en cuenta indicadores y datos que tiene las personas que laboran en el área, pero pueden redefinir su información, se puede incrementar el modelo conjunto o cambiar los indicadores base, para buscar otro tipo de resultados y mejoras.

Planteando los alcances del indicador el elemento clave se pretende realizar las mejoras en una primera etapa los siguientes valores de control

EO= Eficiencia operativa $\geq 70$	
UCI= Uso de la capacidad instalada	$\geq 85$
ET= Eficacia del tiempo de trabajo	$\geq 85$
IC= indicador de calidad	$\geq 99$

Figura 12 tabla resumen Eficiencia Operativa. (Fuente propia)

#### 4.2.3.3 Seguimiento de indicadores.

Dando seguimiento al caso 1 se plantean de forma breve indicadores y control de datos que desea implementar y dar seguimiento, donde estos indicadores ya existen, pero se busca implementarlos para hacer más flexible y completo el modelo de ratios conjuntos y que estos impacten directamente al análisis de toda la cadena de suministros.

Análisis del rendimiento

$$\text{Rendimiento de la producción} = \frac{\text{Nivel de producción real}}{\text{Nivel de producción esperada}}$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### Cumplimiento del Fill-Rate

$$\text{Fill - Rate} = \frac{\text{Producción solicitada por el área de planeación}}{\text{Producción entregada}} =$$

En el caso específico de estos el área de producción sabe que cumple con un valor cercano al 99 % ya que todo lo que se les es demandado al área se produce y no se tiene problemas de falta de producción y tampoco se sobrepasa con una mayor producción por lo que insertar este análisis en conjunto con otros puede arrojar otros indicadores de efectividad

Otro de los análisis que es de interés y que para el caso se describe pero no se desarrolla ya que estos datos no están actualizados al momento del estudio del caso es el indicador de Merma el cual pretende estudiarse desde el análisis y las pruebas de calidad de la materia prima que principalmente es leche y esta a su vez se tiene definida en tres protocolos, que son las mermas técnicas que tienen que ver con el mal diseño de procesos y control de actividades del insumo, las mermas operativas que tienen que ver con la falla del personal de operación y las máquinas de fabricación ,y finalmente las mermas de transporte el cual se mostrara el ratio de estudio.

Merms operativas para considerar.

Merms de envase, merms de vitamina, merma de cultivo, merma de charola, merma de adhesivos, merma de bandas termo encogibles merma de concentrado de fruta merma de separador . Merma de enzima.

Indicador de Merma de transporte

$$\text{merma de transporte} = \frac{\text{volumen de leche recibido}}{\text{volumen de leche transferido}}$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Y de la misma manera como el ejemplo conociendo todos los datos puede generarse un Indicador de modelo conjunto donde a su vez también se puede conocer el valor real de la merma al rastrear todo el proceso como puede ser:

Inventario inicial - recibo de leche - mermas técnicas- mermas operativas - producción entregada-mermas de transporte al área de andén – inventario final = merma de leche total, Finalmente el análisis y estructuración de todos estos datos nos darán resultados que inciden en los proyectos de mejora continua, donde es cierto que todos los indicadores tienen una importancia igual, solo diferentes contextos de resultados para llegar a las mejores respuestas y soluciones.

#### 4.2.3.4 Importancia del análisis y desarrollo de los modelos.

La revisión de los indicadores deberá impactar en la evaluación anual al personal puesto que en función de las evaluaciones se puede gestionar los aumentos de acuerdo al cumplimiento de los objetivos planteados para el año, por tomar un ejemplo en esta empresa nos comenta el jefe de planta que a él y a sus supervisores se les programo el cumplimiento y la mejora del tiempo productivo así como la disminución de la merma y cumplimiento al presupuesto planeado, si ellos no cumplen esos objetivos van perdiendo puntos para su aumento, por lo que si la empresa dio un 10% de aumento salarial y tú tienes solo la mitad de tus objetivos, en lugar de darte el 10% te va a dar el 5% , pero también hay sanciones si no cumples y existen varias escalas como cumplió, o no cumplió, cumplió parcialmente, excedido el cumplimiento , por lo que si está en no cumplió, los jefes tiene que hacer un plan de acción para que se pueda mejorar el desempeño y si no se cumple o se lo logra puede llegar hasta la recesión de contrato, por eso es importante encontrar todas las áreas de oportunidad, así como los objetivos de mejora continua, donde por lo menos debe haber un proyecto de mejora continua cada año, de tal manera que cada año se plantean los objetivos del siguiente año y se debe tener un proyecto de mejora continua en este caso este proyecto ya coadyubo a encontrar una área donde desarrollar un proyecto de mejora.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

### 4.3 Segundo caso.

Empresa dedicada al ramo de la fabricación, confección, venta y distribución de blancos para el hogar.

Los blancos para el hogar son una diversidad de artículos que abarcan productos como (sábanas, colchas, edredones, cojines, almohadas, cortinas, etc.)

#### 4.3.1 Fase 1.

Se procede a realizar el primer contacto con el elemento clave, explicar la metodología del trabajo y obtener los datos de seguimiento y control del caso a estudiar.

Contexto de la empresa, el área y el responsable.

Puesto del elemento Clave : Planeador de materias primas y estampado.

Experiencia en el puesto: 7 años

Funciones principales : Planeación y control del abastecimiento de las materias primas, así como la planeación, supervisión y seguimiento de la producción de la fábrica de estampado.

Descripción de las actividades: Una jornada típica de trabajo se evalúa y estructura de forma semanal de lunes a viernes, sin embargo todos los días se revisan los pormenores de los procesos de abastecimiento y producción y en ciertas fechas se gestionan actividades clave, por mencionar los días lunes se tienen que desarrollar los reportes de evaluación de la semana anterior, técnicamente son los datos de cuando se fabricó, cuánto se produjo, los faltantes que podríamos llegar a tener, así como los sobrantes y los excedentes.

Por lo general día a día se van realizando actividades diferentes, el día martes se presentan y evalúan los resultados obtenidos del lunes, los días miércoles se tiene que hacer la planeación y control en base a las nuevas estrategias que se dieron el día martes, el día jueves se pasa el nuevo plan de programación para lo que es la



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

planta de estampado y lo que es el departamento de materia prima, finalmente el día viernes se hace el seguimiento de los pedidos de materia prima así como el desarrollado de los nuevos productos que van a entrar en los próximos catálogos.

El puesto representa una función de gran responsabilidad derivado de que, para efectuar la planeación y la elaboración del producto de estampado, se debe gestionar de manera adecuada la materia prima, el análisis de inventario y el proceso de compra con los proveedores.

El Turno de trabajo es de las 8:00 a las 19:00 horas de lunes a viernes y en caso de ser necesario los sábados de 9 a 14:00 horas.

El objetivo principal del puesto es calcular los tiempos, metros y costos factibles de la materia prima y su relación con la planeación de la producción.

La empresa dentro de su cultura de trabajo cuenta con 24 metas y resultados que impactan directamente con su política de trabajo.

El objetivo de la presente investigación en conjunto con la información compartida es definir de manera integral, indicadores que impacten directamente en la presentación y observación de resultados de los procesos de planeación , control y seguimiento de la materia prima y la producción.

Cabe destacar que los pronósticos de demanda de cada uno de los productos suelen ser muy variables en el mercado de blancos, puesto que los estudios de mercado en este rubro tienen una diferencia del  $\pm 30\%$  ya que estos datos oscilan con el gusto y el impacto del producto en los consumidores finales, la empresa gestiona sus propios puntos de venta y su sistema de franquicia, el producto no se encuentra en las zonas o centros comerciales , se vende en las tiendas propias, si es bien sabido que este modelo puede ser cuestionado, no deja de ser un modelo competitivo en el mercado de blancos y basado en este modelo de venta y las actividades asociadas a su producción y obtención de su materia prima es que se gestionan las estrategias propias de trabajo.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Para cada mes en función del movimiento de los artículos previos y la planeación que se ejecuta en tiempo real de producción, se busca identificar un valor de respaldo que permita cumplir las gestiones de colocación del producto.

Una vez explicado el proceso del desarrollo y uso de indicadores se procedió a gestionar la siguiente información de los ratios necesarios de control, según los datos suministrados por el elemento clave.

#### 4.3.2 Fase 2.

El caso tipo requiere valores de control que representen el nivel de inventario de materia prima que se debe tener y el valor de inserción que tiene el producto en el mercado, el primer dato debe representar la cantidad de productos o el nivel porcentual de inventario de materia prima que se debe tener para cumplir la demanda de los productos que se está solicitando, tomando en cuenta que está basado en los pronósticos de ventas de los productos por lo tanto de manera consecuente el valor de inserción debe representar el valor porcentual de la cantidad de productos que existen en el mercado al momento de planear lo que se desea producir con el objeto de definir el restante que se debe producir.

La producción y la fuerza de ventas siempre busca tener el valor de referencia definido para la temporalidad indicada según la gestión de la demanda fluctuante

La gestión del nivel de almacenamiento y rotación de productos para esta empresa es evaluada a un mes productivo de 4 semanas sin embargo la inserción del producto al mercado debe de ser de 3 semanas por lo que se define que todo lo que se produce debe estar colocado en el mercado en un 75% y este valor se obtiene al definir:

$$\frac{3 \text{ semanas de inserción del producto}}{4 \text{ semanas de inventario}} \times 100 = 75\%$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Lo que de forma genérica para cualquier caso sería.

$$\frac{\text{tiempo de inventario en almacén}(\text{semana mes})}{\text{tiempo total}(\text{total mes})}$$

La forma de trabajo en la empresa se tiene definido como:

Modelo de Producción bajo venta de demanda continua, en el cual se verifica la existencia , la demanda fluctuante del mercado y el porcentaje de cantidad de producto almacenado basado en estos datos se debe de calcular el valor de piezas a producir durante la planeación diaria y semanal.

Este dato del 75% es una constante que ya tiene definida la empresa y esto derivado de su forma de trabajo y su gestión de la demanda y colocación del producto en el mercado, si el producto no se vende la perdida se disminuye al no estar colocado el 100% y si es sobre requerido lo colocado se tiene la capacidad de producir el faltante o más ya que se dispone con la materia prima la cual no es perecedera, pero según las circunstancias de planeación puede faltar.

Como ejemplo se comparte esta explicación

El pronóstico de demanda del articulo con SKU 1987/2091 para el siguiente mes es de 400,000 piezas, por lo que debe existir un inventario en el almacén de producto terminado y producido al arrancar el catálogo del producto de:

$$400,000 \times .75 = 300,000 \text{ piezas}$$

Esto representa el 75% de inserción para 3 semanas de posible venta y este valor de producción debe alcanzarse por lo menos al 95% al 100%, de no ser así se debe de producir el faltante y en caso de requerir mayor cantidad de producto se debe de generar las ordenes de producción desde el área de planeación

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.3.2.1 Indicadores Modelos de inserción y existencia.

Modelo de Producción bajo venta de demanda Fluctuante.

En función de lo comentado por el elemento clave se observa que se requiere un control de la inserción de los productos, que viene a representar el faltante de producto en tiendas o la necesidad del mercado pronosticada, para definir esta necesidad se presenta la siguiente información.

El 95% del producto debe estar en el mercado, pero este valor debe estar representado en el 75 % de lo que se tiene planeado de la demanda, para el caso de esta empresa.

Por lo que la fórmula para la inserción del faltante sería.

$$1 - \frac{\text{Existencias en el almacen}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semana mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} \times 100 =$$

La fórmula general de este indicador queda representada de esta manera y se explica con los siguientes ejemplos tipo.

Ejemplo 1 tres semanas de producto en el almacén.

Actualmente en el almacén se encuentran 800 artículos del producto colcha estampado verde SKU 236/2091 con un pronóstico mensual de venta de 1200 piezas, tomando en cuenta que el mes está dividido en 4 semanas productivas y el almacén debe tener 3 semanas producto terminado.

$$\frac{3}{4} = 0.75 \text{ de inventario del producto en almacen de PT}$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Por lo que se debe multiplicar el pronóstico de venta

$$PRN * .75$$

$$1200 * .75 = 900$$

Lo que indica que debe haber 900 productos con código SKU 236/209.

Por lo tanto, a través de una resta sabemos que hacen falta colocar:

$$800 - 900 = -100$$

Entonces se requieren producir 100

Conjuntando de manera completa el indicador para conocer el porcentaje de inserción que representa lo que se le debe al mercado tenemos que.

Indicador real

Formula completa

$$1 - \frac{\text{Existencias}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} X 100 = \text{Inserción}$$

$$1 - \frac{800}{1200 * .75} X 100 = 11.11 \% \text{ incersion}$$

Lo que indica que actualmente el almacén solo tiene 100% -11.11% el 88.89% de lo que debe tener, cuando se busca el 95% de existencia en almacenes de productos terminado.

Dando como resultado el indicador de existencia en almacén.

Tomado en cuenta que lo que se requiere producir “faltantes ” no debe de ser mayor al 5% , de tal manera que en este producto tenemos un faltante del 11.11% poco

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

más del doble permitido, de tal manera que puede generarse un control para identificar por producto el límite mínimo permitido de existencia en el Almacén.

Estos valores impactan directamente en el área de producción y de manera consecuente en el seguimiento de proveedores y control de materia prima en el departamento de compras, puesto que la cadena de suministros depende de la demanda del cliente y de ahí hasta proveedores, generando un control de contexto de estudio inverso.

Ejemplo 2 Contexto simplificado.

Determine el indicador de existencia y de inserción en almacén para los siguientes datos de control.

Pronóstico de la demanda mensual 3000 productos ,Inventario a 3 semanas , productos en el almacén 2100.

$$\text{Indicador de existencia} = 100 - \text{indicador de incersión}$$

$$\text{Incersión} = 1 - \frac{\text{Existencias}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} X 100$$

$$\text{Incersión} = 1 - \frac{2100}{3000 * \frac{3}{4}} X 100 = 6.6\%$$

$$\text{Indicador de existencia} = 100 - 6.6 = 93.33\%$$

En este ejemplo podemos observar que el porcentaje de producto faltante es poco ya que del 6.6% cercano al valor de control del 5%

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Ejemplo 3 contexto de sobre inventario.

Determine el indicador de existencia y de inserción en almacén para los siguientes datos de control.

Pronóstico de la demanda mensual de 1300 productos ,Inventario a 3 semanas, productos en el almacén 1100.

*Indicador de existencia = 100 – indicador de inserción*

$$\text{Inserción} = 1 - \frac{\text{Existencias}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} X 100$$

$$\text{Inserción} = 1 - \frac{1100}{1300 * \frac{3}{4}} X 100 = 112.28\%$$

En el caso del ejemplo tres se observa que se tiene más producto en el mercado del que debería estar colocado y este es un ejemplo que define parte del modelo de producción bajo venta de demanda Fluctuante, puesto que anteriormente la demanda del producto era mayor y se ajustó a producir lo faltate, pero en el siguiente mes de análisis el producto no se vendió o paso de moda o alguna nueva variante ocupó el mercado, por lo que ahora para este caso no es necesario producir más, si no reforzar una estrategia de mercado que incluya descuentos, paquetes o acciones que permitan bajar o liquidar el inventario.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Ejemplo 4 contexto de inventario a 2 semanas.

Determine el indicador de existencia y de inserción en almacén para los siguientes datos de control, tomando en cuenta que al reducir el tiempo del inventario se busca un máximo de un 10% de diferencia.

Pronóstico de la demanda mensual 1350 productos, Inventario a 2 semanas, productos en el almacén 550.

$$\text{Inserción} = 1 - \frac{\text{Existencias}}{\text{Pronostico de ventas} * \frac{\text{tiempo de inventario en almacen(semama mes)}}{\text{tiempo total(total mes)}}} X 100$$

$$\text{Indicador Inserción} = 1 - \frac{590}{1350 * \frac{2}{4}} X 100 = 12.59\%$$

$$\text{Indicador de existencia} = 100 - 12.59 = 87.41\%$$

El porcentaje de valor faltante es del 12.59% de una máximo recomendó del 10%, de tal manera que podemos observar que la formula desarrollada permite modificar el valor del tiempo de inventario en almacén y nuevamente en función de los resultados pueden definirse acciones o estrategias de control.

A continuación, se muestra el estudio formulado y desarrollado en Excel con la base de datos de 50 de los productos más demandados y vendidos durante el análisis de estudio, con el objetivo de definir el valor promedio de los indicadores de existencia e inserción lo cual nos permitirá más adelante conjuntar este dato en el indicador final de trabajo.

En la imagen de la tabla que podemos observar se encuentra definido el promedio de los indicadores los cuales son:

$$\text{Promedio Indicador de Existencia} = 95.73\%$$

$$\text{Promedio Indicador Inserción} = 4.27\%$$



**“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.**

	Pronostico mensual de la demanda	Existencias en sistema	Indicador de Existencia	Indicador de Inserción	% Indicador de Existencia	% Indicador de Inserción
JGO. DE SABANA MILENIO AZUL MAT	25500	18128	0.95	0.05	94.79	5.21
ALMOHADA FINA ESTAMPADA STD PAQ 2 PZAS	23500	16855	0.96	0.04	95.63	4.37
JGO. DE SABANA MILENIO BEIGE-BLANCO MAT	23800	16691	0.94	0.06	93.51	6.49
JGO. DE SABANA MILENIO VINO MAT	15500	10880	0.94	0.06	93.59	6.41
JGO. DE SABANA MILENIO NEGRO MAT	15300	10834	0.94	0.06	94.41	5.59
JGO. DE SABANA MILENIO ROSA MAT	12500	9382	1.00	0.00	100.07	-0.07
COBERTOR PACHICALIENTITO OJ MUJER DESC MAT/IND	13000	8989	0.92	0.08	92.19	7.81
COBERTOR PACHICALIENTITO ECONOMICO T ROSA MAT/IN	11000	8011	0.97	0.03	97.10	2.90
COBERTOR DE CUNA PACHICALIENTITO DESC	10500	7823	0.99	0.01	99.34	0.66
JGO. DE SABANA MILENIO CAFE MAT	11000	7510	0.91	0.09	91.03	8.97
COBERTOR PACHICALIENTITO ECONOMICO T AZUL MAT/IN	10400	7356	0.94	0.06	94.31	5.69
PAR DE FUNDAS DE ALMOHADA BLANCA	9800	7099	0.97	0.03	96.59	3.41
CORTINA DECORATIVA DESC AZUL	9700	6998	0.96	0.04	96.19	3.81
ALMOHADA RELIEVE SUAVITEC STD OFERTA 2P	9400	6752	0.96	0.04	95.77	4.23
PAR DE FUNDAS DE ALMOHADA BEIGE	9400	6618	0.94	0.06	93.87	6.13
PAR DE FUNDAS DE ALMOHADA STD TURQUESA	9400	6608	0.94	0.06	93.73	6.27
COBERTOR PACHICALIENTITO INFANTIL NIÑO DESC IND	8400	6261	0.99	0.01	99.38	0.62
ALMOHADA MICROFIBRA BLANCO STD OFERTA 2P	8500	6108	0.96	0.04	95.81	4.19
BABY SACK RACHEL DESC	8500	6044	0.95	0.05	94.81	5.19
CORTINA DECORATIVA INF NIÑA DESC	8300	6027	0.97	0.03	96.82	3.18
COBERTOR PACHICALIENTITO ECONOMICO T NEGRO KS	7600	5492	0.96	0.04	96.35	3.65
EDREDON NEO PINSONIC GIRASOL IZAMAL MAT	7500	5414	0.96	0.04	96.25	3.75
PROTECTOR COLCHON IMPERMEABLE CAJON ALTO MAT	7600	5397	0.95	0.05	94.68	5.32
OFERTA ALMOHADA ULTRAFRESH STD 2 X 1 PZ	7300	5345	0.98	0.02	97.63	2.37
EDRECOLCHA C/F NAPOLI MAT	6600	4954	1.00	0.00	100.08	-0.08
ALMOHADA FINA CAPITONADA STD 2X1 CON ULTRAFRESH	6800	4887	0.96	0.04	95.82	4.18
COBERTOR PACHICALIENTITO ECONOMICO T AZUL KS	6500	4748	0.97	0.03	97.39	2.61
COLCHA C/F FLOR DE CEREZO MAT	6500	4692	0.96	0.04	96.25	3.75
JGO. DE SABANA MILENIO AZUL IND	6800	4556	0.89	0.11	89.33	10.67
JGO. DE SABANA MILENIO VERDE MAT	6800	4460	0.87	0.13	87.45	12.55
COBERTOR PACHICALIENTITO ECONOMICO T ROSA KS	6000	4353	0.97	0.03	96.73	3.27
EDREDON NEO PINSONIC BURDEOS MAT	5500	4171	1.01	-0.01	101.12	-1.12
PAR DE COJINES DECORATIVOS	5700	4098	0.96	0.04	95.86	4.14
FUNDA MILO STD	5800	4087	0.94	0.06	93.95	6.05
EDREDON LIGERO AZUL DESC S/F MAT	5600	4069	0.97	0.03	96.88	3.12
SOMBRILLA REVERSIBLE DOBLE CAPA ROJO/NEGRO	5600	4066	0.97	0.03	96.81	3.19
PROTECTOR CAPITONADO CAJON EMBOSSED MAT	5600	4031	0.96	0.04	95.98	4.02
JGO. DE SABANA MILENIO NARANJA MAT	5700	4031	0.94	0.06	94.29	5.71
COLCHA C/F AZUL MAT DESC	5600	4022	0.96	0.04	95.76	4.24
PAR DE FUNDAS DE ALMOHADA STD MARINO	5500	4020	0.97	0.03	97.45	2.55
JGO. SABANA SUAVITEC MOCACCINO MAT	5500	3985	0.97	0.03	96.61	3.39
CORTINA DECORATIVA DESC ROSA	5400	3980	0.98	0.02	98.27	1.73
JGO. SABANA SUAVITEC OLIVO MAT	5300	3876	0.98	0.02	97.51	2.49
CORTINA DECORATIVA TRANSLUCIDA BLANCA LARGA	5400	3831	0.95	0.05	94.59	5.41
FUNDA CAPITONADA NEGRO CADÍZ STD	5300	3785	0.95	0.05	95.22	4.78
CORTINA DECORATIVA TRANSLUCIDA BEIGE LARGA	5100	3706	0.97	0.03	96.89	3.11
EDREDON LIGERO CAFE DESC S/F MAT/QS	5000	3671	0.98	0.02	97.89	2.11
JGO. SABANA SUAVITEC MARINO MAT	5100	3670	0.96	0.04	95.95	4.05
EDREDON NEO PINSONIC TERRA MAT	5200	3614	0.93	0.07	92.67	7.33
PROMEDIOS	8720	6245	0.96	0.04	95.73	4.27
Coefficiente de Correlacion	0.998898921					

Figura 13 tabla de análisis de indicadores de Existencia e Inserción. (Fuente propia)

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.3.2.2 Indicador Modelo de cumplimiento de la empresa.

Este indicador se desarrolla y estudia en función del número de productos diferentes que tienen la empresa y el valor de los denominados ceros netos que vienen a representar el número de productos que en existencia están en cero, derivado de diferentes factores, como puede ser falta de materia prima, venta total del inventario, producción fallida, etc. para que sea considerado un Neto cero debe ser un producto que no está catalogado como discontinuado y que tiene aun una demanda existente y rentable, el objetivo de la empresa es tener un cumplimiento mínimo del 95%

Para definir el indicador se procede al siguiente análisis en función de los datos compartidos a la fecha del estudio.

Ratio de proporción de ceros netos contra total de productos, actualmente la fábrica produce 2091 artículos de los cuales en inventario 50 no tienen existencia, su proporción está definida por

$$\frac{\sum SKU}{\sum SKU "0"} = \frac{2091}{50} = \frac{100\%}{x}$$

Donde x representa el porcentaje de incumplimiento,

$$x = \frac{50(100\%)}{2091} = 2.39\%$$

Definido como un indicador de cumplimiento tenemos entonces.

$$\text{Cumplimiento de la empresa} = 100 - \frac{50(100)}{2091} = 97.60\%$$

Lo que nos permite concluir entonces que

En el almacén falta el 2.4 % de productos en 0 total.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Considerando este indicador podemos definir también el máximo número de productos que puede permitirse la empresa tener como ceros netos, para representa un valor de 95% de cumplimiento.

$$\frac{2091}{CN} = \frac{100\%}{5\%}$$

Los ceros netos máximo permitidos están representados por:

$$CN = \frac{2091(5\%)}{100\%} = 104.55 = 105$$

Para nuestro ejemplo de estudio debemos atender la producción de 50 productos y estos se deben manejar por prioridad de los estudios de demanda y el % de inserción que requieren los productos, tomando en cuenta que simultáneamente se va dando atención a los productos de mayor demanda y su valor de inserción que se requiere.

#### 4.3.2.3 Indicador Modelo de la capacidad instalada.

Los siguientes datos representan los valores de control actuales, para los cuales la media de estudio está dada por metros cuadrados

Capacidad instalada = 250,000 m<sup>2</sup> de telas semanales.

Capacidad acordada = 200,000 m<sup>2</sup> de telas internas semanales.

La capacidad acordada está definida por la Capacidad de almacén interno de surtido (materia prima) 200,000 m<sup>2</sup> semanales el cual está ligado al almacén central de materia prima.

$$\text{Capacidad utilizada} = \frac{200,000}{250,000} = 80\%$$

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

La capacidad instalada es el 80%, donde la limitante principal es la capacidad del almacén de surtido a producción, derivado de esto la empresa tiene dentro de sus planes de mejora continua identificar la posibilidad de aumentar el tamaño del almacén o prescindir también de equipo y personal, sin embargo, la situación actual en el país y de manera global provocada por el Covid-19 ha replanteado las prioridades y decisiones estratégicas de la empresa.

### 4.3.3 Fase 3

#### 4.3.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 2.

En el avance del caso se han diseñado y definido dos indicadores de trabajo en la empresa y se tiene mantiene uno que es conocido, con la información obtenida de los tres indicadores principales que son el de existencias, cumplimiento y capacidad instalada se puede generar el indicador principal de trabajo denominado Eficiencia Operativa.

EO= Eficiencia operativa.

IE= Indicador de existencias.

ICP= Indicador cumplimiento de la Empresa.

ICI= Indicador capacidad instalada.

De tal forma que el indicador se define como:

$$EO = IE \times ICP \times ICI \times 100$$

Tomando en cuenta nuestros resultados

$$EO = (0.9573) \times (0.976) \times (.80) = x 100 = 74.74\%$$

Por lo que el valor de la eficiencia Operativa para este caso es de 74.74% de tal manera que podemos definir nuevamente un valor de control que permitirá identificar y genera estrategias de mejora dentro de los procesos industriales y logísticos de la empresa.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.3.3.2 Análisis de la confección y producción.

Actualmente se producen 23,000 piezas diarias en confección donde se trabajan 5 días hábiles  $23,000 \times 5 = 115,000$  piezas semanales.

200,000 m<sup>2</sup> de telas = 115,000 piezas de productos semanales.

En términos de materia prima se sabe que se requiere 200,000 m<sup>2</sup> por semana realizando el análisis al mes de 4 semanas  $200,000 \text{ m}^2 \times 4 \text{ semanas} = 800,000 \text{ m}^2$  mensual de materias primas.

El almacén de control de materia prima tiene capacidad de 2,400,000 m<sup>2</sup> lo que representa 3 meses de inventario.

El nivel de inventario de materia prima, la producción, el inventario de producto terminado y el seguimiento de la cadena de suministro dentro de esta empresa está definido a 7 meses, donde la forma de trabajo, control y seguimiento está dada por:

Un mes de compras de inventario por autorizar, una vez gestionado todas las necesidades de compras de materia prima que se requieren, se procede a la revisión de estas órdenes donde se identifica, revisa y autorizan la necesidades y compras a realizar.

Un mes de telas en fabricación en china, el principal proveedor de la empresa se encuentra en china y cada mes según las necesidades se solicita la materia prima que se desea adquirir de tal manera que en el momento de efectuar una nueva orden de compra ya se está terminando de producir lo que se requiere para los siguientes meses considerando que esto estará en tránsito durante un mes.

Un mes en tránsito de materia prima proveniente desde china, el análisis de materia prima desarrollado por el equipo de planeación debe incluir el tiempo de la autorización de la orden, la fabricación de esta y el tiempo en que tarda en llegar, de tal manera que, por citar un ejemplo, lo que se requiere comenzar a producir en el mes de junio se emitió la orden desde los últimos días de febrero o los primeros días del mes de marzo.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

El almacén central de materia prima tiene capacidad de tres meses de inventario de materia prima con una cantidad de 2,400,000 m<sup>2</sup> de tela.

El almacén de producto terminado tiene capacidad de inventario para un mes de surtido, por lo que en conjunto con los demás procesos mencionados la gestión de aprovisionamiento de materia prima y el control de la cadena de suministro define una temporalidad de 7 meses, a continuación, se presenta un resumen:

Tiempo de control en meses					
1 mes	1 mes	1 mes	3 meses	1 mes	7 meses
Compras por autorizar	Fabricación china	Transito	Almacén de materia prima	Producto terminado	Total, tiempo del control

Figura 14 Tabla resumen (Fuente propia)

A continuación, se detallan casos y eventos que en caso de suceder permiten responder con el cumplimiento de la empresa y los cuales sirven como justificación de la forma de trabajo de la empresa.

Proceso normal

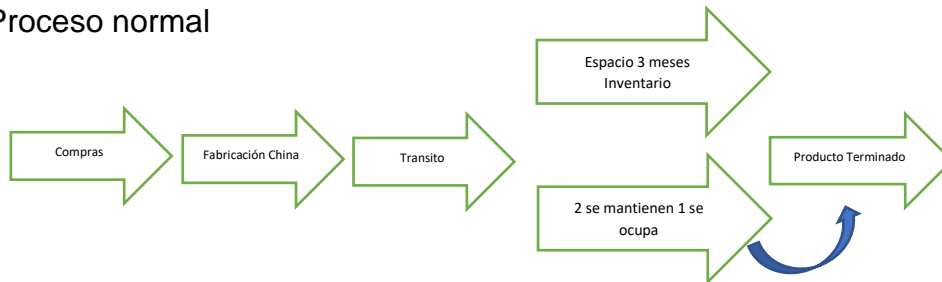


Figura 15 proceso normal de la cadena de estudio (Fuente propia)

En términos funcionales se recarga cada mes, se consume un mes, se pide otro mes.

Caso 1 de eventualidades

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Si por algún motivo no se pudiera autorizar las órdenes de compra o estas no se generaron en tiempo y forma o en un caso extremo no se tuvieran el personal para realizar la actividad, se tiene un mes de fabricación de Telas realizadas en china y otro mes en tránsito por lo que se puede cumplir el proceso de producción ya que en fabrica y en planta se tienen 2 meses de inventario en materia prima en almacén al trascurrir un mes

Eventualidad 1

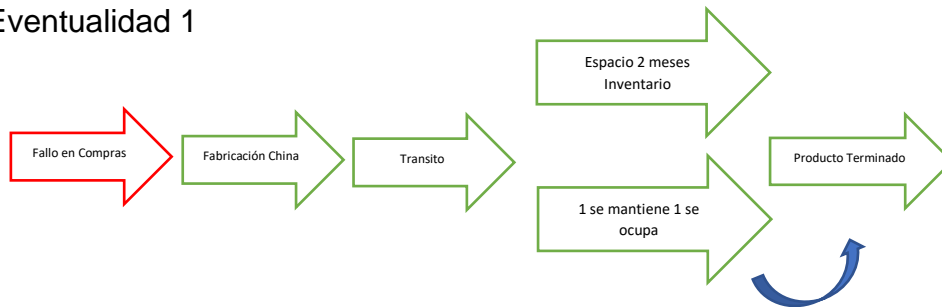
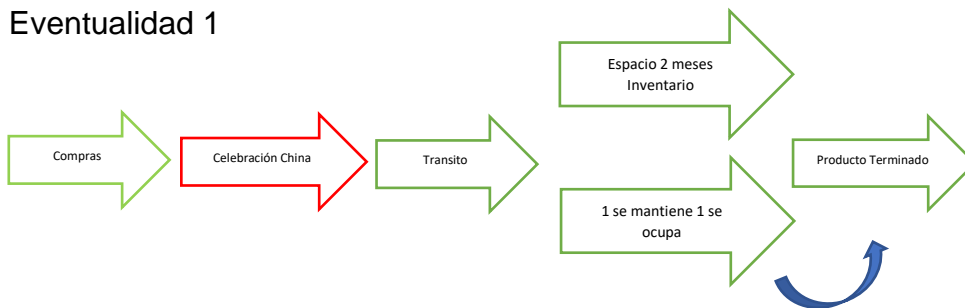


Figura 16 Eventualidad 1 de la cadena de estudio (Fuente propia)

Caso 2 de eventualidades

Durante la celebración del Año nuevo en china se cierra las plantas en el mes de febrero, sin embargo viene uno en tránsito y se ajusta el proceso en lo que llega el producto hasta el siguiente mes, también si se cuenta con la información de los pronósticos de la demanda a dos meses se planea el doble de materia prima, sin embargo normalmente no se realiza este ajuste, al menos de ser necesario ya que el proceso permite continuar trabajando aunque un mes no exista la fabricación China.

Eventualidad 1



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Figura 17 Eventualidad 1 de la cadena de estudio (Fuente propia)

Cabe destacar que con las repercusiones de Covid, la empresa tuvo que realizar negociaciones con otros proveedores tanto extranjeros como nacionales para solventar el ajuste con la fabricación y tránsito procedente de China, de la misma manera si existiera dificultades con los procesos de tránsito el proceso mantiene la holgura de un mes para seguir produciendo.

Si existiera eventualidades que superaran las condiciones típicas y de holgura se dejan de ofertar productos y se bajan de las bases de datos de producción hasta existir el reajuste adecuado.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.4 Tercer Caso.

Empresa dedicada a la venta y distribución de aceites y lubricantes automotrices e industriales

##### 4.4.1 Fase 1

Contexto de la empresa, el área y el responsable.

Puesto del elemento Clave: Auditoria y seguimiento interno de procesos en sucursales.

Segundo puesto Clave, supervisión de procesos.

Funciones principales : Revisión e Ingreso del producto al sistema, Arqueo de facturación, Confirmación de saldos, control de inventarios mensuales, seguimiento y análisis de recepción y entrega de producto.

Los elementos clave del caso desempeñan diferentes funciones de supervisión y control, detectando anomalías dentro de los registros históricos desde el ingreso adecuado de los productos a las diferentes sucursales, así como la disponibilidad de la mercancía para la entrega del cliente, cabe destacar que dentro de la dinámica de trabajo se revisan los procesos de servicio al cliente, así como la confirmación de saldo correcta y la ejecución adecuada del arqueo de las facturas.

El grupo corporativo en función de su ubicación cuenta con diferentes formas de trabajo al cliente el cual está dividido en tres principales:

Industrias productoras y de transporte, son todas las compañías que compran el consumible de lubricante para sus propias flotillas de trabajo, este tipo de cliente en función del propio programa de mantenimiento y desgaste de sus unidades solicitan el producto en grandes cantidades y presentaciones mayores en diferentes meses del año, el producto se mueve en presentaciones de barril o tótem de 1000 litros, con respecto a este cliente el porcentaje de cumplimiento y entrega oscila entre un 97 y 100% de eficiencia, tendiendo solo como margen de error la entrega de una mayor cantidad de producto, derivado de un aumento eventual de la demanda o la

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

realización de un pedido fuera de los tiempos de pronóstico normal, el cual puede ser compensando en productos de menor presentación.

Agencias automotrices y grandes Refaccionarias, este tipo de clientes demandan en función de sus propios pronósticos de ventas y suelen requerir de los diferentes productos en presentaciones de litro, garrafa y cubeta por lo menos una vez al mes y con un máximo de dos entregas al mes, como sus nombres lo indican las agencias con las cuales se tienen convenio dependen del número de vehículos a los que le realicen mantenimiento o los vehículos que vendan, mientras que las refaccionarias operan según sus propios clientes demanden que suelen ser los mecánicos de los diferentes talleres de la zona.

El tercer tipo de cliente son los mecánicos y gasolineras que gestionan sus compras directamente con las sucursales sin dirigirse a las refaccionarias y suelen tener demandas variables de producto.

Cabe destacar que previamente al iniciar la pandemia se empezaron a generar modelos de trabajo de análisis de indicadores sin embargo las condiciones de trabajo y prioridad fueron cambiado por lo que se redefinieron los indicadores de control prioritarios, también es importante mencionar que los análisis de mercado y demanda cambiaron, puesto que muchas personas dejaron de usar sus autos de forma constante y los viajes de temporadas vacacionales también disminuyeron que es cuando por lo general con antelación al viaje las personas realizan mantenimiento a sus unidades de tal forma que este sector del mercado cambio radicalmente, pero de la misma manera la colación de productos en las zonas de consumo se volvió una cuestión de prioridad lo mismo que el crecimiento del comercio electrónico y la llegada de productos al hogar por lo que de nueva cuenta todos estos vehículos requieren del mantenimiento adecuado y por consiguiente el lubricante que permita funcionar de manera adecuada las unidades.

Con respecto a lo anterior se aprendió dentro de la empresa y el caso tipo de desarrollo como las diferentes condiciones globales, sociales y económicas que pueden derivarse de circunstancias no planeadas o emergentes producen que los

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

sistemas de gestión de la cadena de suministros sean flexibles y resilientes ante las diversas circunstancias que puedan acontecer.

Actualmente la empresa de estudio cuenta con cuatro sucursales ubicadas en los municipios de León y Celaya en el estado de Guanajuato, Santiago de Querétaro en el estado de Querétaro y Tulancingo de bravo en el estado de Hidalgo.

La empresa se dedica a vender y distribuir principalmente aceite automotriz, así como diferentes productos para este sector, la empresa está dividida en diferente grupo con su propia gestión del mercado según su zona de ubicación.

Dentro de los diferentes procesos de la empresa se llevan seguimientos de las actividades principales, así como de las personas que las ejecutan en cada uno de los departamentos y las áreas de trabajo, actualmente desde hace dos años se ha realizado la gestión de trabajo a través de indicadores de cumplimiento, donde se fue documentando con los datos de trabajo el nivel de eficiencia de la empresa en sus cuatro sucursales, el siguiente caso tipo describe la identificación, generación y aplicación de tres indicadores base y un indicadore conjunto, actualmente la empresa maneja ya más indicadores de procesos.

Para el desarrollo de este estudio se considerará la información de una de las sucursales y en lo subsecuente se definirán los indicadores de trabajo que permitirán supervisar la gestión de los procesos logísticos de control que se estudiaron en ese momento.

#### 4.4.2 Fase 2.

Como primer avance de la gestión de entregas se procede a desarrollar el siguiente estudio.

##### 4.4.2.1 Indicador modelo de entregas perfectas.

Este es uno de los indicadores que en su naturaleza es de los más útiles ya que relaciona directamente lo que debe hacerse contra lo que se hizo.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

$$Entregas\ perfectas = 1 - \frac{Pedidos\ Rechazados}{Total\ de\ Pedidos\ Recibidos} \times 100$$

Este indicador se extrae directamente de la información obtenida con respecto a los pedidos que fueron ordenados por los clientes contra los que fueron rechazados por diferentes motivos, los cuales pueden analizarse según su naturaleza.

Dentro del contexto de la importancia de este seguimiento se describe la estructura funcional a la fecha del análisis.

Se trabaja con un personal de 20 vendedores los cuales tienen en promedio 8 rutas de trabajo con un promedio de 15 a 20 clientes. Teniendo una cartera aproximada de 2400 clientes

Se cuentan con 10 unidades de reparto de 3.5 toneladas las cuales se usan de manera diaria en un 95% , moviendo alrededor de 150 toneladas de producto por semana, donde cada semana llegan 7 camiones con un promedio de 22 toneladas cada uno de producto, existiendo un índice de rotación del 80 al 90% de producto semanal.

Se mueven toneladas promedio de forma mensual 600t, de forma semanal 150t, diarias 30t, de manera general considerando los tipos de clientes cada mes piden alrededor de 400 a 600 litros, donde se visitan en promedio 60 clientes diarios, 300 clientes a la semana y 1200 clientes al mes, lo que representa un 50% de los clientes totales, donde este realiza su pedido aproximado cada dos meses.

El máximo índice de error de entregas está definido al 3% lo que nos indica que solo 36 de 1200 pedidos aproximados pueden tener un error de entrega.

1164 pedidos aproximados deben entregarse en tiempo y forma para mantener un índice de entregas perfectas del 97%.

Por efecto de control el indicador se puede efectuar de manera diaria, semanal o mensual.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Desarrollando un ejemplo base de unos de los días de trabajo se observó lo siguiente.

$$\text{Entregas perfectas} = 1 - \frac{\text{Pedidos Rechazados}}{\text{Total de Pedidos Recibidos}} \times 100$$

$$\text{Entregas perfectas} = 1 - \frac{3}{62} \times 100 = 95.16\%$$

y considerando el siguiente análisis mensual desarrollado en Excel se tiene.

n	Pedidos Recibidos	Pedidos Rechazados	Indicador de Entrega Perfecta	% rechazo
1	58	2	96.55	3.45
2	65	5	92.31	7.69
3	62	3	95.16	4.84
4	64	4	93.75	6.25
5	61	3	95.08	4.92
6	59	0	100.00	0.00
7	62	4	93.55	6.45
8	57	3	94.74	5.26
9	64	2	96.88	3.13
10	64	3	95.31	4.69
11	62	1	98.39	1.61
12	60	2	96.67	3.33
13	65	4	93.85	6.15
14	62	2	96.77	3.23
15	56	4	92.86	7.14
16	56	2	96.43	3.57
17	60	1	98.33	1.67
18	55	2	96.36	3.64
19	63	3	95.24	4.76
20	61	0	100.00	0.00

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Promedio	60.8	2.5	95.91	4.09
----------	------	-----	-------	------

Figura 18 tabla de análisis de indicadores de Entrega Perfecta. (Fuente propia)

Por lo que se tiene para este mes de estudio un 95.91% de entrega perfecta contra el 97% que se busca, de tal manera que en base a esto se deben de identificar las posibles causas del suceso que puede ir desde entrega a cliente incorrecto, pasando por errores de carga hasta llevar producto en calidad de merma.

#### 4.4.2.2 Indicador modelo de exactitud mensual del inventario.

En función de las llegadas de producto, así como la salida de este se decide estudiar el indicador de exactitud de inventario el cual debe reflejar la proporción de los que se encuentra ingresado al sistema contra lo que se encuentra de manera física en la revisión mensual del inventario, el cual es un proceso que la empresa realiza cada inicio de mes para contabilizar las existencias, contra lo que se encuentra reportado en los sistemas de control informático.

$$\text{Exactitud del inventario} = \frac{\text{Existencia física del producto}}{\text{Registro en el sistema}} \times 100$$

Este es uno de los indicadores típicos de control en el almacén ya que las bases de datos deben de coincidir con las existencias físicas de los productos que se encuentran en el almacén, ya que el sistema es constantemente actualizado al dar de alta las nuevas cantidades de producto al ingreso del mismo y al dar de baja cuando este sale a su destino y es entregado sin embargo se conoce por experiencia en la empresa que estos contrastes no son del todo exactos en todo el registro del inventario, puesto que por diferentes errores de proceso o humanos los

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

productos pueden ser entregados por otros o las bases de datos pueden ser mal llenadas en términos del código sku o las cantidades de ingreso o egreso.

Se muestra un ejemplo del uso del indicador a continuación.

$$\text{Exactitud del inventario} = \frac{\text{Existencia física del producto}}{\text{Registro en el sistema}} \times 100$$

$$\text{Exactitud del inventario} = \frac{7000 \text{ litros sku } 203987}{7400 \text{ litros sku } 203987} \times 100 = 94.59\%$$

La gestión y control del almacén, así como el manejo de la información depende de la correcta comunicación de los partícipes en el proceso del almacenamiento tanto en el acomodo y registro de la carga al llegar como la realización de los pedidos y la carga a las unidades, hasta la llegada del mismo al cliente, con respecto a este indicador se tiene la siguiente muestra de análisis de los diferentes productos con el objetivo de plantear un valor promedio de la exactitud del inventario.

	unidad de estudio en litros			
SKU	Existencia Física	Registro base	Diferencia	Indicador Exactitud
203056	6447	6300	147	97.72
203057	5666	5620	46	99.19
203058	6699	6445	254	96.21
203059	6018	6018	0	100.00
203066	7235	7200	35	99.52
203070	6688	6424	264	96.05
203086	5376	5220	156	97.10
203089	6244	6220	24	99.62

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

203094	6748	6500	248	96.32
203102	6196	6000	196	96.84
203108	5554	5500	54	99.03
203110	5667	5667	0	100.00
203122	7142	7100	42	99.41
203143	5792	5550	242	95.82
203157	6517	6300	217	96.67
203171	7175	7175	0	100.00
203210	5527	5326	201	96.36
203224	6307	6307	0	100.00
203236	6342	6242	100	98.42
203242	6906	6700	206	97.02
203257	5327	5327	0	100.00
203271	5998	5900	98	98.37
203289	5451	5400	51	99.06
203298	6773	6687	86	98.73
promedio				98.21
suma	143348	140828	2520	

Figura 19 tabla de análisis de indicadores de Exactitud de Inventario. (Fuente propia)

Por lo que podemos definir que se tiene un indicador de existencia del 98.21%, actualmente la empresa busca mantener este indicador en el 99% o 100 % reduciendo las fallas o mermas que pueda generar el proceso del control del almacén ya que este impacta directamente en el anterior indicador, las tomas de decisiones basadas en los resultados obtenidos previamente impactaron en un mejor control de los procesos de registro de entrada y de salida lo que a llevado a la empresa a tener indicadores de optimización de actividades con un valor alto.

Actualmente se tiene la capacidad para almacenar 160 toneladas de producto lo que equivale alrededor de 170 tarimas, cada unidad de carga pesa alrededor de 950 kg.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.4.2.3 Indicador modelo de control de Arqueo

En el caso particular del estudio de esta empresa, la información con respecto a este indicador será definida de forma específica ya que por la sensibilidad de la información solo se ocupará el ejemplo tipo y se usará el indicador arrojado de forma específica, derivado que el arqueo es el análisis de los movimientos realizados con respecto a la integración de los saldos.

Para llevar a cabo este control se revisa las cuentas de los clientes, así como el ingreso del dinero, se verifica la cuenta al corte de saldos así como los documentos comprobatorios del movimiento, tanto lo que debe el cliente como lo que a pagado, esta gestión va desde el seguimiento de las cuentas por cobrar hasta la capacidad de compra y pago de los clientes involucrando en el seguimiento a los vendedores y personal que interviene en esta operación desde el proceso de facturación hasta la custodia del ingreso.

En función del desarrollo de este indicador se presenta la siguiente formula ejemplo de control.

$$\text{Indicador de Arqueo} = \frac{\text{Registro del Dinero Facturado en pesos}}{\text{Documento comprobatorio de ingreso del dinero en pesos}}$$

Actualmente el proceso de Arqueo mantiene un nivel del 96% de operativa de eficiencia.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

#### 4.4.3 fase 3

##### 4.4.3.1 Indicador Modelo de Ratios Matemáticos Conjuntos caso 3.

En función de la información recopilada en el proceso y teniendo identificado y desarrollados los indicadores de trabajo que pueden formar parte de indicador de eficiencia operativa para este parte del proceso de la cadena de la empresa tenemos entonces.

EO= Eficiencia operativa.

IEP= Indicador de entregas perfectas.

IEI= Indicador exactitud inventario.

ICA= Indicador control de arqueo.

De tal forma que el indicador se define como:

$$EO = IEP \times IEI \times ICA \times 100$$

Tomando en cuenta nuestros resultados

$$EO = (0.9591) \times (0.9821) \times (.96) = \quad \times 100 = 90.42\%$$

El nivel de eficiencia operativa en el proceso de estudio se encuentra en un parámetro alto en comparación con otros procesos o lo anteriores ejemplos esto debido a los indicadores que se están trabajando sin embargo dando pie a la mejora continua de los procesos logísticos e industriales de la empresa aún queda mucho por hacer puesto que aún se debe de incrementar de mejor manera cada una de las proporciones de estudio puesto que deben existir el indicador de entregas perfectas a un 97% y mejorar hasta alcanzar el 100% lo mismo con el control y seguimiento de la exactitud del inventario y el indicador de Arqueo.

Será importante resaltar que con el indicador general de ratios conjuntos que representa la eficiencia operativa de trabajo pueden incrementarse, cambiarse o ajustarse los elementos que lo conforman de tal manera que esto puede replicarse

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

de manera flexible dentro de los diferentes procesos de control que tienen que reportar los encargados de las áreas de mando medio hacia adelante puesto que les permite ver donde se encuentran posicionados dentro de todo el proceso de la empresa.

Actualmente en la empresa la clave es mantener de forma eficiente el sistema de control de Inventarios que satisfaga los procesos y el manejo adecuado de los productos y mercancías que transitan en los almacenes, puesto que esto impacta directamente en los demás indicadores, la importancia del proceso radica en mantener un adecuado registro de todos los movimientos de entrada y salida así como los de la caja y el seguimiento puntual de los incumplimientos de entrega al final todo este análisis se manifiesta como un apoyo hacia la dirección en sus indicadores dentro de la organización orientado este, hacia una adecuada administración de la misma, siempre con el fin de cumplir las metas y objetivos de las empresa.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Capítulo V

### 5.1 Conclusiones Generales

Los parámetros usados en los escenarios muestra y casos tipo de análisis, fueron tomados en consideración según cada una de las situaciones industriales y logísticas de estudio descritas en el desarrollo, donde se tomaron en cuenta las diferentes actividades y datos que proporcionaron los elementos claves para estructurar los indicadores que les fueran funcionales para la toma de decisiones en sus áreas de alcance y labor, cada una de las empresas se compone de más departamentos y de diferente personal de mando, pero atendiendo los objetivos de la investigación y mostrando la capacidad para llevar la información documental a modelos de fórmulas matemáticas que pueden ser argumentados con datos y análisis estadísticos se pudo demostrar la formulación y aplicabilidad de los mismos para entender los diferentes comportamientos que tienen las empresas y la información que maneja.

Si es de cierto que muchas empresas usan diferentes indicadores según cada una de sus circunstancias, pocas lo hacen de manera conjunta con el objetivo de parametrizar más de un proceso que pueda calificar la eficiencia de todo un departamento o proceso de interés que desea ser supervisado, esto puede deberse al desconocimiento de cómo llevarlo a cabo o redactarlo de forma adecuada en la gestión de la información y recursos que se tienen al alcance de las supervisiones o gerencias.

Una de las principales ventajas de la estructura y ejecución de la investigación es que puede ser llevada a cabo por diferentes empresas con tamaños de ejecución de actividades de distintos niveles, desde las que inician con operaciones de pequeña y media empresa hasta las que ya están consolidadas, puesto que cada actividad y función puede y debe medirse para tener un mejor control de sus operaciones y de su cadena de suministros.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Dentro de cada uno de los casos tipo se plantea a manera de conclusión y análisis de resultados las observaciones obtenidas y éstas se describen en las diferentes fases 3 de cada uno de los trabajos desarrollados, por lo que no daremos una repetición particular de cada uno de los casos estudiados, sin embargo es importante hacer notar que esta forma de trabajo no está limitada por lo estudiado y acontecido en los resultados ya que debe darse un seguimiento y control así como sus respectivas actualizaciones y replanteamientos debido a que estos modelos y formas de trabajo deben adaptarse y ser flexibles a lo que pueda acontecer y suceder con el mercado, la economía y las demandas, así como los nuevos competidores y la aparición de las nuevas tecnologías.

La experiencia al desarrollar este trabajo queda exhibida en la comprensión y conocimiento adquirido de las diferentes formas de trabajo en las que se desarrolla cada una de las industrias y la flexibilidad que tienen los modelos matemáticos y la proporciones estudiadas en los ratios para arrojar información de interés que permitan sugerir o adecuar el pensamiento de una solución, donde sin lugar a dudas regresamos en el pensamiento al análisis de la problemática y a la demostración argumental de la hipótesis, donde el camino llevado a cabo con respecto del uso de estos ratios puede brindar diferentes puntos de vista para llegar a soluciones que consoliden el crecimiento de las empresas a través de una toma de decisiones basadas en resultados observables y comprobados.

Para el desarrollo de este trabajo fue necesario conocer diferentes conceptos administrativos, logísticos y operativos de trabajo que permitieran consolidar el pensamiento para estructurar cada uno de los indicadores de trabajo, dando seguimiento a la concepción e importancia del uso de las matemáticas y la estadística en la ingeniería, hasta la puesta en práctica de los indicadores a través del manejo de información adecuada.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Para efectuar de forma eficaz un control de calidad en la empresa se deben de identificar las actividades que son prioridad para mejorar su procesos, entre los que destacan la selección de la mejor ruta, el correcto cubicaje y selección de unidades de viaje, la implementación de tecnologías de trazabilidad y seguimiento en tiempo real, atención eficiente del cliente, uso de la nube de información y big data, medición de las franjas de entrega y la disponibilidad del cliente para recibir su entrega, etc. de tal forma que estructurando estos indicadores podremos obtener resultados que nos permitan tomar decisiones de en donde nos encontramos y así adonde vamos.

Cabe destacar que entre las actividades mencionadas una que se vuelve muy rentable en el análisis estadístico de los patrones de recepción de entrega, ya que los datos arrojados por parte de los clientes nos permiten identificar de qué forma se comporta la temporalidad de recepción de paquetes, puesto que con un estudio de datos se puede determinar en qué días, horas y bajo qué condiciones se tienen más entregas exitosas, eludiendo variables de entrega fallida, como el que no esté el cliente o exista una congestión de la vialidad en el traslado desde el ultimo origen hasta el destino marcado, la revisión de estos datos e indicadores nos permite definir de forma eficiente en qué momento podemos realizar la entrega exitosa y el análisis de estos parámetros a través de una correcta gestión de actividades y procesos permitirá mantener e incrementar los índices de calidad.

Al final la adaptabilidad, así como el seguimiento de las actividades y la mejora continua de la investigación radica en formular modelos operativos completos de la industria que cuenten dentro de sus labores todos los procesos básicos y de control de la cadena de suministros analizando más de tres indicadores conjuntos, donde cada una de sus proporciones reflejen un análisis completo para de las actividades a supervisar y gestionar.

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

## Referencias bibliográficas

- Baca U., G. (2016). Evaluación de Proyectos. México: Mc Graw Hill Education .
- Ballesteros R., D. (2019). Contributions of the Logistics to sustainable development. Scientia et Technica, 171-176.
- Ballou H. (2004). Logística. Administración de la Cadena de Suministros. México: Pretince Hill.
- Barra R. (1983). Círculos de calidad en Operación ,Estrategia practica para aumentar la Productividad y las utilidades. México: Mc Graw Hill.
- Brito, M., Alemán, I., Fraga, E., Para, J. y Arias, R. (2011). Papel de la modelación matemática en la formación de ingenieros. Ingeniería Mecánica, 14(2), 129-139. Recuperado de <http://scielo.sld.cu/pdf/im/v14n2/im05211.pdf> [ Links ]
- Callejón s., M. (2007). I+D, innovación y política pública. UOC Papers Revista sobre la sociedad del conocimiento, 45-52.
- Candia., L. D. (2018). Mejoras en maquinaria Industrial hacia la industria 4.0. Congreso argentino de ciencias de la computación, comisión de investigación científicas de la provincia de buenos aires., 715-724.
- Camarena, P., Trejo, E. y Trejo, N. (2013). Las matemáticas en la formación de un ingeniero: la matemática en contexto como una propuesta metodológica. Revista de Docencia Universitaria, 11(especial). Recuperado de <http://www.polipapers.upv.es/index.php/REDU/article/view/5562/5552> [ Links ]
- Chiavenato, I. (2007). Administración de Recursos Humanos. Mc Graw Hill , octava edición.
- Collier A., D.; Evans R., J. (2019). Administración de Operaciones. México: Cengage.
- Frazelle.E, (2001) Supply Chain Strategy: The Logistics of Supply Chain Management. The United State: McGrawHill Professional:.5P

“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

González C., F. (2007). Manufactura Esbelta Principales Herramientas. Revista Panorama Administrativo, 85-112.

Grant L., E. (2000). Control Estadístico de Calidad . México: CECSA.

Gutiérrez P., H. (2012). Análisis y Diseño de Experimentos. México: Mc Graw Hill Education.

Kaoru I. (1987). ¿Que es el control total de calidad? Colombia: Norma.

Martínez R., L. (2019). Logística Integral y Calidad Total. KOINONIA. Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Educación, 202-234.

Medrano M., J.A.; González A., V.L. ; Diaz D., V.M. (2018). Mantenimiento. Veracruz: Grupo Editorial Patria.

Rodríguez, R. y Bourguet, R. (2015, junio). *Identifying modeling practices through differential equations and simulation*. Ponencia presentada en la 122nd SEE Annual Conference-Exposition “Building bridges between mathematics and engineering” en Seattle, Estados Unidos. Recuperado de <https://www.asee.org/public/conferences/56/papers/13153/view>

Romo, A., Oktaç, A. (2007). Herramienta metodológica para el análisis de los conceptos matemáticos en el ejercicio de la ingeniería. *Relime*, 10(1), 117-143. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v10n1/v10n1a6.pdf>

Sierpinska, A., Nnadozie, A. y oktaç, A. (2002). *A study of relationships between theoretical thinking and high achievement in linear algebra*. (Reporte de investigación, Universidad de Concordia, Canadá). Recuperado de <http://alcor.concordia.ca/sierp/downloadpapers.html>

Vásquez, R., Romo, A. y Trigueros, M. (2015, mayo). *Un contexto de modelación para la enseñanza de matemáticas en las ingenierías*. Ponencia presentada en la XIV CIAEM Conferencia Interamericana de Educación Matemática en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.



“2022. Año del Quincentenario de Toluca, Capital del Estado de México”.

Villar, I. (1993): «PMC: programas y técnicas para la mejora integral y continua de la gestión empresarial», *Capital Humano*, nº 60, 42-47