



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE
REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN
VILLA NUEVA GUATEMALA**

Mario Roberto Larrazabal Herrera

Asesorado por el Mtro. Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres

Guatemala, junio de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE
REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN
VILLA NUEVA GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARIO ROBERTO LARRAZABAL HERRERA

ASESORADO POR EL MTRO. ING. BYRON GIOVANNI PALACIOS COLINDRES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Milton Alexander Fuentes Orozco
EXAMINADOR	Ing. Mynor Roderico Figueroa Fuentes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE
REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN
VILLA NUEVA GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 15 de abril de 2021.

Mario Roberto Larrazabal Herrera

Ref. EEPFI-0472-2021
Guatemala, 15 de abril de 2021

Director
Gilberto Morales Baiza
Escuela de Ingeniería Mecánica
Presente.

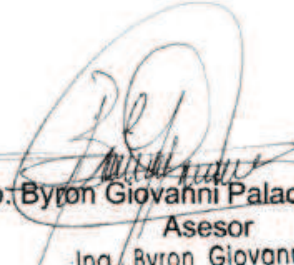
Estimado Ing. Morales:

Reciba un cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado y aprobado el **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA**, presentado por el estudiante **Mario Roberto Larrazabal Herrera** carné número **201612161**, quien optó por la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría en Ingeniería de Mantenimiento.

Y habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Décimo, Inciso 10.2 del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Mtro. Byron Giovanni Palacios Colindres
Asesor
Ing. Byron Giovanni
Palacios Colindres
Colegiado No. 5641


Mtra. Rocío Carolina Medina Galindo
Coordinador de Maestría
Ingeniería de Mantenimiento




Mtro. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería



EEP-EIM-06-2021

El Director de la Escuela de Ingeniería en Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador y Director de la Escuela de Estudios de Postgrado, del Diseño de Investigación en la modalidad Estudios de Pregrado y Postgrado titulado: **DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Mario Roberto Larrazabal Herrera**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería en esta modalidad.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Gilberto Morales Baiza
Director
Escuela de Ingeniería en Mecánica

Guatemala, abril de 2021

DTG. 240.2021.

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario: **Mario Roberto Larrazabal Herrera**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, junio de 2021.

AACE/asga

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Una luz que siempre ilumina mi camino y guía cada uno de mis pasos en esta vida, a él sea toda la gloria, el poder y la honra.

Mis padres

Gustavo Larrazabal García y Claudia Herrera Paiz, por el amor y apoyo incondicional que siempre encuentro en ellos.

Mis tíos y tías

Porque han estado en cada una de las etapas de mi vida y son parte fundamental de mí formación.

Mis hermanos

Oscar Larrazabal Herrera y Julio Alvarado Herrera, por su comprensión, ánimo y apoyo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

A la gloriosa Tricentenario, por ser mi casa de estudios y permitir mi formación académica como profesional, de la cual estoy orgulloso de egresar.

Facultad de Ingeniería

Por todo el conocimiento y sabiduría adquirido en sus aulas durante de mis años de estudio.

Mis amigos

Por el apoyo que me brindaron en los momentos más difíciles de esta carrera y las experiencias compartidas en todo momento.

Mi asesor

M.A. Ing. Byron Palacios, por compartir su conocimiento y experiencia para la elaboración de este diseño de investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
3.1. Descripción y delimitación del problema	7
3.2. Pregunta central	8
3.3. Preguntas auxiliares	8
4. JUSTIFICACIÓN.....	9
5. OBJETIVOS.....	11
5.1. General.....	11
5.2. Específicos	11
6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN	13
7. MARCO TEÓRICO.....	15
7.1. Planta de producción de fármacos.....	15
7.1.1. Historia.....	15
7.1.2. Líneas de producción.....	15

7.2.	Mantenimiento.....	17
7.2.1.	Departamento de Mantenimiento.....	17
7.2.2.	Integrantes	18
7.2.3.	Tiempo medio entre reparaciones MTTR	18
7.2.4.	Tiempo medio entre fallas MTBF	19
7.2.5.	Disponibilidad.....	19
7.2.6.	Costos asociados al mantenimiento	20
7.3.	Inventario	23
7.3.1.	Tipos de inventario	23
7.3.1.1.	Inventario de repuestos	25
7.3.2.	Costos de inventario.....	26
7.3.2.1.	Costo del artículo o repuesto	26
7.3.2.2.	Costo de ordenamiento.....	26
7.3.2.3.	Costo de mantenimiento	26
7.3.2.4.	Costo por falta de existencia.....	27
7.3.3.	Análisis ABC de inventarios.....	28
7.4.	Gestión de inventarios.....	29
7.4.1.	Modelos de gestión de inventarios	30
7.4.2.	Modelos integrales	31
7.4.3.	Modelos basados en mantenimiento	31
7.5.	Repuesto.....	31
7.5.1.	Codificación.....	32
7.5.2.	Trazabilidad.....	32
7.5.3.	Clasificación de repuestos por criticidad	32
7.5.4.	Tendencia de uso	34
7.5.5.	Stock de seguridad.....	34
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS	35

9.	METODOLOGÍA	37
9.1.	Ruta de investigación	37
9.2.	Alcance de investigación	37
9.3.	Tipo de investigación	37
9.4.	Variables	37
9.5.	Fases de investigación	39
9.6.	Población y muestra	39
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	41
11.	CRONOGRAMA.....	43
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO	45
13.	REFERENCIAS.....	47
14.	APÉNDICES	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de solución	13
2.	Disponibilidad.....	20
3.	Costos asociados al mantenimiento	21
4.	Tipos de inventario.....	24
5.	Cronograma de investigación.....	43

TABLAS

I.	Operativización de variables	38
II.	Presupuesto de la investigación.....	46

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetro
kg	Kilogramo
lb	Libra
m	Metro
m²	Metro cuadrado
Uds	Unidades

GLOSARIO

Gestión	Conjunto de operaciones que se realizan para dirigir y administrar un negocio o una empresa.
Inventario	Asiento de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.
Jerarquizar	Clasificar por grados o clases algunas cosas. Establecer un orden de acuerdo con la jerarquía. Organizarse a partir de una estructura que se establece en orden a algún criterio de subordinación entre personas, animales, valores.
Modelo	Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo.
MTBF	Medida de confiabilidad que representa el promedio de tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente.
MTTR	Medida de mantenibilidad de los equipos que representa el promedio de tiempo necesario para reparar una falla y restablecer el equipo.

Repuesto

Pieza de un mecanismo, aparato o equipo que es igual a otra y puede sustituirla en caso de necesidad.

1. INTRODUCCIÓN

Para las industrias es prioridad garantizar la disponibilidad de sus equipos y lograr el cumplimiento de los planes de producción, dados los altos costos que representa detener la operación. Para ello se utilizan diferentes estrategias, las cuales requieren de organización, medición, control y herramientas.

Para facilitar el cumplimiento de dichos objetivos son necesarias herramientas administrativas que, ayuden a gestionar los diferentes procesos, mejorar comunicación entre departamentos en este caso compras y mantenimiento involucrado de manera directa con el inventario, una de las herramientas que se propone es un plan de gestión de inventario de repuestos.

Esto debido a que la inexistencia de un repuesto recae directamente en el tiempo medio de reparación e implica detener la producción impactando directamente en costos de mantenimiento y producción, sumado a esto existen equipos críticos que sus repuestos no se encuentran en el país, el largo plazo de aprovisionamiento dificulta las tareas del departamento de mantenimiento.

El tiempo medio entre fallas es uno de los indicadores más importantes enfocados en mantenimiento y la disponibilidad de los equipos. Representa una medida de confiabilidad, el tiempo de inactividad de los equipos impacta directamente en este indicador. Por lo tanto, contar con un plan para la organización, manejo y control de los repuestos es muy importante.

Al establecer tendencias de uso de repuestos, plan de existencias de seguridad, criticidad de repuestos, localización y codificación el presente trabajo

pretende disminuir los paros no programados de los equipos, reducir el tiempo de reparación de estos si llegasen a fallar, mejorar la comunicación entre departamentos como compras y mantenimiento, reducir costos de mantenimiento.

Como aporte se pretende analizar los costos de oportunidad que genera equipos que sufren paros no programados y los costos de mantenimiento preventivo el cual va de la mano con la existencia de repuestos.

Como beneficios de un plan de gestión de manejo de repuestos se puede mencionar; mejorar los indicadores de mantenimiento MTBF y MTTR, aprovechar el espacio de bodega, organizar los repuestos, establecer la criticidad de estos, reducir los costos por exceso de inventario, optimizar los recursos de la empresa, disminuir el tiempo de respuesta del Departamento de Mantenimiento, impactar de manera positiva los costos de producción, costos del Departamento de Mantenimiento.

En el capítulo I se realizará la consulta de referencias bibliográficas, revisión de documentación, órdenes de trabajo, consulta de inventario, bitácoras de mantenimiento preventivo, se realizarán entrevistas con personal del departamento de mantenimiento y consulta de histórico de repuestos.

En el capítulo II se hará el desarrollo de la investigación.

En el capítulo III se presentarán los resultados.

El capítulo IV comprenderá de la discusión de resultados.

2. ANTECEDENTES

Trujillo (2018) realizó un análisis de los procesos administrativos y desde el punto de vista de mantenimiento y el punto de vista administrativo, donde constato la desalineación entre las áreas de Gestión de Inventarios y Mantenimiento. El modelo propuesto detalla las interrelaciones entre mantenimiento y gestión de inventarios, la segmentación de repuestos, para tratar el problema, reductir costos por paro, mantener en *stock* el menor inventario posible.

La empresa en donde se aplico es conocida como intensiva en uso de capital, esto indica que las inversiones en activos fijos conllevan alta disponibilidad de los mismos y por consecuencia alta disponibilidad de repuestos. Como resultado el modelo propuesto contribuye en la coordinación de las áreas involucradas, responder a los objetivos de la organización y la disponibilidad de repuestos al menor costo de inventario posible. El aporte metodológico se encuentra en la ruta y perspectiva de la investigación.

Placeres, Cossío y García (2017) realizaron un procedimiento para la gestión de inventario en el almacén central de una cadena comercial. Su objetivo es disminuir los costos asociados a los inventarios. Iniciaron realizando un diagnóstico sobre el sistema de inventario actual, se basaron en una revisión documental, entrevistas con el encargado de bodega y jefes del área. En el desarrollo seleccionaron los productos en base a fuentes de información y herramientas de clasificación como ABC o Pareto.

El método ABC de clasificación de inventarios permite organizar la distribución de productos a partir de la relevancia para la empresa, su valor y rotación. El método fue el siguiente, recompilar datos históricos de la demanda de los productos, analizar el comportamiento de la demanda en períodos anteriores, hacer un pronóstico de la demanda para el horizonte de planificación. Al tener los datos seleccionaron los modelos de sistemas de inventarios más adecuados de acuerdo con el pronóstico de la demanda, luego calcularon los modelos de valores para la operación del sistema. Luego al momento de aplicarlo asignaron valores al sistema para el producto seleccionado, esto les dijo cuánto y cuándo comprar.

Se pueden aplicar sistemas de revisión continua y revisión periódica, la diferencia consiste en la cantidad que van a ordenar y el tiempo que se tarda en llegar a un valor de seguridad. El aporte será de tipo metodológico porque se puede seguir la ruta y los pasos que utilizaron durante su investigación.

Sumalla (2016) realizó un estudio de la situación actual de una bodega de repuestos, y el diseño de mejoras tanto en proceso de compras como jerarquizar los repuestos con base a criterios de consumo, criticidad y costos. La primera etapa consiste en realizar una recopilación de información por método de observación, entrevistas no estructuradas al personal de almacén y su principal cliente en este caso el Departamento de Mantenimiento, luego del análisis se desarrollaron propuestas para lograr mitigar los problemas que se presentan y afectan el desempeño de los mismos. Como resultado se optimizó en 10% del área total de la bodega, se redujo distancia de aprovisionamiento de repuestos, por ende el tiempo de búsqueda de repuestos también se redujo. El aporte metodológico se encuentra la ruta y los pasos de investigación.

Ortiz (2004) presentó el diseño de un procedimiento para la gestión de inventarios, en empresas comerciales y de servicios cubanas. El sistema denominado GISERCOM combina enfoque cualitativo y cuantitativo en los distintos métodos como ABC para clasificar productos, el método ABC de clasificación de inventarios permite organizar la distribución de productos a partir de la relevancia para la empresa, su valor y rotación.

La matriz IB/RS consiste en determinar el inventario de seguridad, calcular costos de aprovisionamiento, modelos matemáticos para la relación producto-proveedor. Iniciaron realizando un diagnóstico de la situación actual de la gestión de inventario en la organización, luego diseñaron políticas de inventario mediante el uso de modelos económicos-matemáticos. Y como último paso el control y actualización de los resultados. El resultado fue que, mediante la aplicación de los modelos propuestos para gestionar los inventarios, en cada una de las empresas donde el procedimiento fue aplicado, se logró disminuir el valor del inventario promedio de los productos objeto de estudio y un incremento de la rotación de inventarios, incidiendo positivamente en la rentabilidad de la empresa. El aporte será de tipo metodológico porque se puede seguir la ruta y los pasos que utilizaron durante su investigación.

Arciniegas (2002) realizó la propuesta de un modelo estratégico, con el objetivo de hacer más eficiente la gestión de inventario de una línea de repuestos. El estudio se divide en tres capítulos, el primero un resumen sobre la administración de inventarios, sus clasificaciones y conceptos. El segundo un análisis de la situación actual de la empresa, esquema del funcionamiento del sistema de inventario, elaboración y análisis de matrices de factores internos y externos. El tercero se centra en la estructuración de un plan estratégico para alcanzar los objetivos planteados. Determinaron que los inventarios representan una inversión de suma importancia, para satisfacer las necesidades de la

empresa y una alta disponibilidad. Como resultado concluyen que se necesita un control minucioso de inventario para manejar el mayor movimiento de repuestos y un elevado volumen de negocios con una baja inversión, pero al mismo tiempo que pueda satisfacer con su disponibilidad la alta demanda del cliente. El aporte metodológico se encuentra en realizar la misma serie de pasos de investigación y ruta de investigación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. Descripción y delimitación del problema

En una planta de producción de fármacos, la gestión de la bodega de repuestos que sirven para las líneas de producción se ve afectada porque no existe un plan para el manejo de esta. Con esto afecta el tiempo de reparación de los equipos de parte del Departamento de Mantenimiento cuándo ellos solicitan un repuesto y este no se encuentra disponible, también afecta el costo de inventario al contar con la existencia de repuestos que no se utilizan con tanta frecuencia. Debido a esto los costos se incrementan y el tiempo de avería representa pérdidas al no estar en producción. El tiempo largo de la obtención de repuestos se debe a la falta de clasificación de este. El *stock* se debe mantener de acuerdo a la criticidad de cada equipo y su tipo de repuesto.

Al contar con un modelo de gestión de repuestos se pretende, el aumento de la disponibilidad de los equipos, la mejora del tiempo medio de reparación de equipos, la disminución de costos innecesarios de inventario, el aumento del tiempo medio entre fallas MTBF, la reducción de costos por paros no programados, el aprovechamiento en el espacio de bodega. Además, la facilidad de revisar el *stock* e ir coordinando con el Departamento de Compras el Inventario de la bodega. También obtener un beneficio en costos asociados al departamento de mantenimiento.

3.2. Pregunta central

¿Qué herramienta administrativa puede ser utilizada para organizar y llevar un mejor control de repuestos de equipos en una planta de producción de fármacos?

3.3. Preguntas auxiliares

- ¿Cómo impacta la gestión de bodega de repuestos, en la disponibilidad de los equipos?
- ¿Cuál es el tipo y nivel de criticidad de los repuestos de equipos utilizados en una planta de producción de fármacos?
- ¿Qué costos asociados al mantenimiento se pueden reducir al implementar el modelo de gestión de bodega de repuestos?

4. JUSTIFICACIÓN

La industria de Guatemala requiere herramientas que contribuyan a mejorar los procesos administrativos, para esta investigación se ha tomado como modelo el caso de una planta de producción de fármacos. Dado que se ha evidenciado la necesidad de contar con una herramienta administrativa que permita un mejor control de inventario, la reducción de costos, la rotación adecuada de repuestos, con ello mejorar la repuesta del Departamento de Mantenimiento y la disponibilidad de los equipos de producción.

Actualmente las industrias optan por distintas herramientas que faciliten la organización de bodegas, optimizando espacio, mejorando la rotación de inventario. Además de establecer mejoras en los procesos de comunicación con los distintos departamentos involucrados en el inventario, como el Departamento de Compras, Departamento de Producción y Departamento de Mantenimiento.

La metodología ABC se basa en el principio de Pareto o regla 80/20 para segmentar productos, que para este caso particular son repuestos. Se clasifican según la importancia de este, se asumen distintos criterios según su tipo, y se debe tomar en cuenta el porcentaje del costo total de inventario. Posteriormente se clasifican en categorías A, para repuestos de gran valor y pocas unidades, B para repuestos de mediano valor y mediana cantidad, C para repuestos comunes de poco valor y mucha cantidad.

Se debe tomar en cuenta la criticidad de los equipos, pues también será una herramienta para clasificar los repuestos según la importancia que tenga para nosotros el equipo durante el proceso de producción.

Los inventarios de repuestos no tienen una relación directa con el producto dirigido al cliente final, sin embargo, son importantes porque impactan directamente en la producción, en los costos por paros no programados, costos de emergencia incurridos por la falta de repuestos en existencia. Se debe tener un balance en la cantidad de un inventario o podrá elevar los costos en los libros contables y también existe el riesgo de obsolescencia.

En la carrera de Ingeniería Mecánica, la administración, control de repuestos y la integración con los demás departamentos involucrados, no forman parte del pensum de estudios, por lo tanto, la investigación puede aportar a los estudiantes al demostrar la importancia de proponer herramientas administrativas que involucren todos estos aspectos, a la industria que cuenta con inventarios de repuestos y quieran optimizar recursos.

La empresa donde se desarrollará el estudio se beneficiará con un sistema para el correcto control del inventario de repuestos, lo cual impactará directamente en departamentos como el de mantenimiento. Con ello se pretende hacer más eficiente la gestión del mantenimiento en planta, reducir los eventos de indisponibilidad de repuestos al momento de requerirse y aumentar la disponibilidad de los equipos.

5. OBJETIVOS

5.1. General

Establecer la herramienta administrativa más adecuada para organizar y controlar los repuestos en una planta farmacéutica.

5.2. Específicos

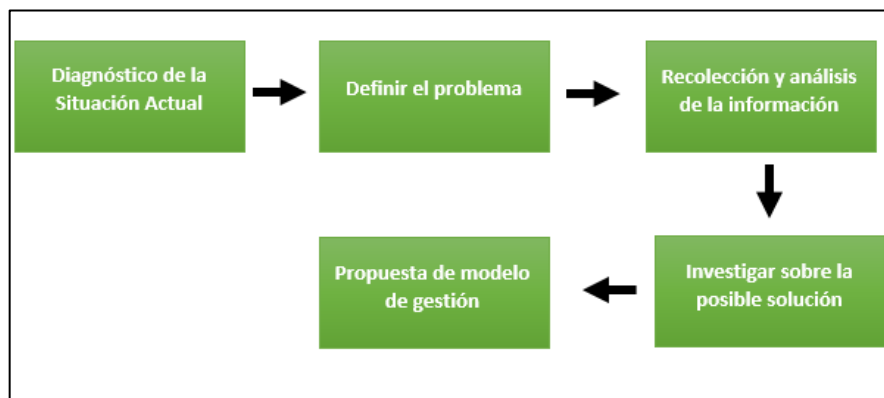
- Identificar los impactos del modelo de gestión de bodega de repuestos en la disponibilidad de los equipos.
- Establecer tipo y nivel de criticidad del repuesto de los equipos de una planta farmacéutica.
- Determinar los costos asociados al departamento de mantenimiento que se pueden reducir con la implementación del modelo de gestión de bodega de repuestos.

6. NECESIDADES POR CUBRIR Y ESQUEMA DE SOLUCIÓN

El diseño de investigación propone que mediante el uso de una herramienta administrativa se logre una reducción de costos de inventario estableciendo la tendencia de uso de repuestos junto con el análisis de criticidad de repuestos previo a la compra. A la vez mejorar la comunicación de los departamentos involucrados en el manejo de inventario, mejorar los tiempos de aprovisionamiento de repuestos, reducir los tiempos de paro por falta de existencia de repuestos y organización de estos.

Evidentemente al implementar dicho modelo se obtiene también la reducción de tiempo medio de reparación que involucra al Departamento de Mantenimiento, la mejora en la disponibilidad de los equipos de producción, el aumento del tiempo medio entre reparación MTBF y también la reducción costos por paros no programados y costos asociados al mantenimiento.

Figura 1. **Esquema de solución**



Fuente: elaboración propia.

El diseño de investigación pretende que, mediante la implementación de una herramienta administrativa se puedan reducir los costos de inventario y reducir los paros por falta de existencia de repuestos.

Se iniciará con la investigación de la situación actual de la bodega de repuestos, el manejo y organización de esta, la frecuencia de uso de repuestos para equipos, seguido de esto la criticidad de cada uno de los equipos utilizados en la planta farmacéutica. Se realizarán entrevistas con el personal de bodega y con el jefe de mantenimiento para determinar el movimiento actual de repuestos.

Entrevista con el jefe de producción para determinar las pérdidas que puede causar un equipo por paro emergente. Determinar el tiempo de aprovisionamiento en caso de no contar con existencias del repuesto. Se realizarán cálculos para determinar el costo por falta de rotación de inventario. Se realizará el estudio del modelo de gestión que mejor se adapte según las condiciones del inventario y las necesidades a cubrir.

7. MARCO TEORICO

7.1. Planta de producción de fármacos

En la actualidad es una empresa líder, que se dedica a la manufactura y comercialización de productos farmacéuticos de alta calidad y eficacia terapéutica. La Planta de Manufactura con más de 12,000 m² de construcción, está ubicada en el kilómetro 17.5 carretera al Pacífico Villa Nueva.

7.1.1. Historia

En 1978 surge una visión y es fundada en la ciudad de Guatemala la corporación, producto de la determinación visionaria de empresarios guatemaltecos que tenían como objetivo: ser una oportunidad de salud para las personas.

En 1983, inicia la fabricación de fármacos en presentaciones líquidas y sólidas; posteriormente se crea la línea de fármacos inyectables.

En 2001, se inaugura las nuevas instalaciones, un complejo de fabricación de aproximadamente 40,000 metros cuadrados de instalaciones.

7.1.2. Líneas de producción

De acuerdo con normas internacionales se almacenan las diferentes materias primas y son entregadas directamente a las áreas que se dedican a pesarlas, luego son trasladadas a las dedicadas a manufactura según donde

correspondan, evitando contaminación cruzada. Constantemente el Departamento de Garantía de Calidad realiza auditorías internas y se capacita al personal que ejecuta procesos de producción, esto con el fin de garantizar el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.

Actualmente se utilizan 4 áreas principales de producción que se describen a continuación:

- Área de Soluciones Estériles

El llenado se ejecuta en áreas consideradas como estériles clase A, donde se utiliza flujo laminar sobre un llenado con filtración de clase cien. La revisión de viales y ampollas es de los aspectos más importantes que se puede mencionar, porque permite verificar que no existan contaminantes ajenos al producto final, esta verificación se realiza en un cien por ciento de los lotes producidos. En esta área se llenan y manufacturan productos inyectables, soluciones salinas, productos oftálmicos y viales con pequeño volumen.

- Área de Líquidos

El proceso para estos productos es realizado en equipos automatizados, garantizando así la inocuidad de los mismos, se elaboran suspensiones, soluciones, jarabes y aerosoles.

- Área de Semisólidos

El proceso de productos semisólidos como cremas, ungüentos entre otros se realiza en equipos que cumplen con las normativas vigentes, entre estos equipos se encuentran marmitas, molinos coloidales de acero inoxidable.

- Área de Sólidos

Con un estricto control de información sobre humedad y temperatura se manufacturan polvos, cápsulas, tabletas, polvos para suspensión oral, los equipos tales como mezcladoras, hornos, tableteadoras, encapsuladores y equipos de recubrimiento son automatizados en su mayoría.

7.2. Mantenimiento

De acuerdo con Olarte, Botero y Cañon (2010), “El mantenimiento industrial está definido como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones que conforman un proceso de producción permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento” (p. 355).

Como parte del mantenimiento se puede encontrar el mantenimiento preventivo, que utiliza la supervisión de planes a realizarse en puntos o equipos específicos. Este también se conoce como mantenimiento planificado o mantenimiento basado en el tiempo, generalmente se utilizan datos de los fabricantes o estadísticas sobre las fallas más comunes en los equipos (Nieto, 2008).

7.2.1. Departamento de Mantenimiento

Es el área encargada del correcto funcionamiento de los activos, del buen estado de la planta de producción, limpieza, manejo de útiles y enseres, bodega de repuestos, disponibilidad de equipos de producción y demás.

7.2.2. Integrantes

El departamento está formado por 13 personas la jefatura y supervisión de mantenimiento es una división, división técnica que incluye a los mecánicos y electricistas, división de mantenimiento de edificios, división de limpieza y división bodega de repuestos:

- Jefe de mantenimiento
- Supervisor de mantenimiento
- Asistente de mantenimiento de edificios
- Técnico electricista
- 3 técnicos de mantenimiento
- 1 encargado de bodega de repuestos
- 5 encargados de limpieza

7.2.3. Tiempo Medio entre reparaciones MTTR

Tiempo medio de reparación es una medida de mantenibilidad de los equipos. Representa el promedio del tiempo necesario para reparar una falla y restablecer el equipo.

De acuerdo con Fernández (2004) el MTTR puede desglosarse en:

- $MTTR_1$: Tiempo medio indisponible del equipo por revisiones preventivas.
- $MTTR_2$: Tiempo medio indisponible del equipo por averías o reparaciones

Se puede calcular como la fracción del tiempo total de mantenimiento correctivo dentro del número total de reparaciones realizadas.

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de reparaciones}}$$

7.2.4. Tiempo Medio Entre Fallas MTBF

Según Fernández (2004) el Tiempo Medio Entre Fallas uno de los indicadores más importantes enfocados en mantenimiento y disponibilidad de equipos. El MTBF representa una medida de confiabilidad de equipos. Se puede calcular como la resta del tiempo total disponible menos el tiempo de inactividad esto dividido por el número de paradas de un equipo.

Se puede calcular como:

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de inactividad}}{\text{Número de paradas}}$$

- Tiempo total disponible: se refiere al total de horas en las que el equipo pudo estar trabajando.
- Tiempo de inactividad: total de horas en las que el equipo se encontraba parado, puede incluir falta de comunicación, inexistencia de repuestos o retrasos al ponerlo en servicio.
- Número de paradas: corresponde al número total de fallas.

7.2.5. Disponibilidad

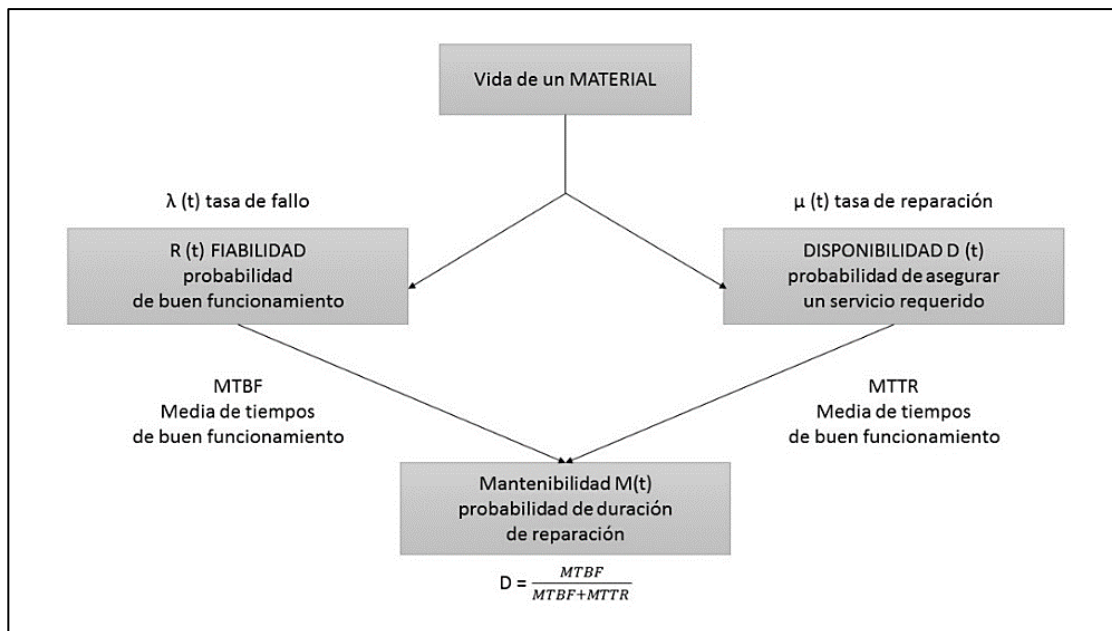
Es el tiempo donde un sistema o equipo permanece útil (disponible) para producción (Fernández, 2004)

Es la capacidad de un activo (equipo) para realizar la función, por la cual fue requerida bajo condiciones dadas en un tiempo determinado.

Se puede calcular como:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Figura 2. **Disponibilidad**

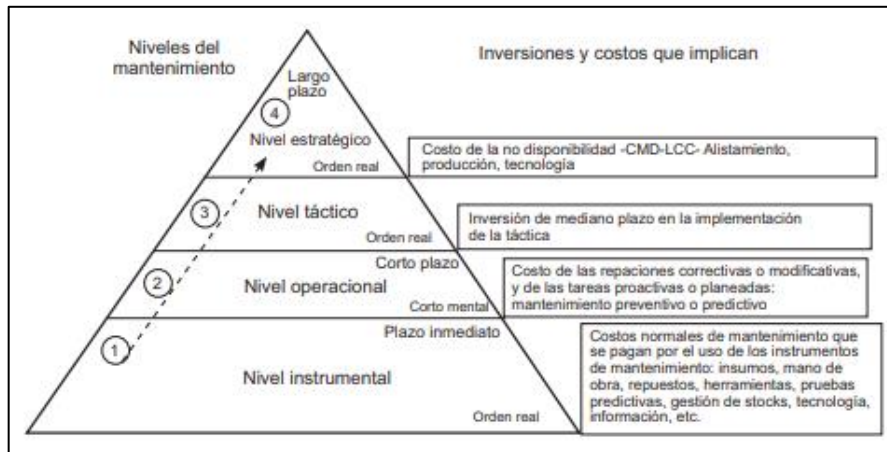


Fuente: Fernández. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*.

7.2.6. **Costos asociados al mantenimiento**

Son todos los costos asociados al área de mantenimiento, pueden ser costos fijos o variables, costos financieros o costos de no disponibilidad por fallas.

Figura 3. **Costos asociados al mantenimiento**



Fuente: Gútierrez. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*.

Estos costos se pueden clasificar en:

- **Costos fijos:** son todas las acciones planeadas de mantenimiento, implica valores por utilizar las herramientas para completar las tareas. Se les llaman fijos, porque no dependen de la cantidad de producción o servicios que se ejecuten, son planeados para períodos establecidos con anterioridad.

Se controlan por medio de una buena planeación de tareas proactivas basadas en pronósticos de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad (CMD) de los equipos, por medio de los cuales se puede establecer la cantidad y frecuencia de intervenciones planeadas, de tal forma de conservar la confiabilidad.

- **Costos variables:** son gastos que ocurren cuando los equipos fallan repentinamente e incurrir a reparaciones no planificadas. Toda acción

correctiva o modificativa no planeada genera costos variables. El valor depende de las horas hombre, repuestos, materiales, instrumentos de mantenimiento y demás utilizados para realizar la reparación o modificación.

Según Fernández (2004) Estos costos pueden controlarse por medio de la aplicación de análisis de fallas, FMECA (Análisis de Modos de Fallos, Efectos y su Criticidad), análisis predictivos y demás técnicas e instrumentos disponibles, se puede complementar con pronósticos CMD.

- Costos financieros: la inversión en insumos, materias primas y/o repuestos de mantenimiento en bodega, los equipos de respaldo para elevar la confiabilidad, todo esto genera costos financieros.

Uno de los rubros más importantes es el costo de ciclo de vida, que se puede definir también como el costo de CMD que se desea en la empresa.

- Costos de la no disponibilidad por fallas.

De acuerdo con Gútierrez (2009) asegura que el valor de no poder utilizar un equipo, debido a reparaciones o modificaciones por fallas inesperadas es el rubro más importante en los costos de mantenimiento, normalmente es más elevado que los tres costos anteriores sumados.

Como lo afirma Ramírez-Reyes (2014) La estimación del costo de no disponibilidad se realiza mediante una ecuación:

$$CF = LT * CP * P$$

Donde:

$P = 1$ si la falta de repuesto genera un paro de producción o 0 en cualquier otro caso

CP = costo de parada (varía según la línea y producto)

LT = tiempo de reposición del repuesto

CF = costo por falta de repuesto

7.3. Inventario

Según Ballou (2004) Un inventario se puede definir como el conjunto de materias, repuestos o artículos de cualquier clase que tengan relación en la producción o logística de la empresa, generalmente se puede encontrar en bodegas o almacenes.

7.3.1. Tipos de inventario

En función de los tipos de artículos o productos que van a ser inventariados, existen diferentes clasificaciones de inventarios, se pueden clasificar según el momento, la función, la periodicidad, la forma y otros tipos.

Figura 4. Tipos de inventario

a) Según el momento
Inventario Final
Inventario Inicial
b) Según la periodicidad
Inventario intermitente
Inventario perpetuo
c) Según la forma
Inventario de productos en curso
Inventario de materias primas
Inventario de productos Terminados
Inventario de insumos
Inventario de mercancías
d) Según la función
Inventario de tránsito
Inventario de ciclo
Inventario de seguridad
Inventario de previsión
Inventario de desacoplamiento
e) Otros tipos
Inventario físico
Inventario mínimo
Inventario máximo
Inventario disponible
Inventario en línea

Fuente: Fernández. (2017). *Gestión de inventarios*. COML0210.

Como lo expresa Fernández (2017), “Los inventarios de las empresas, además de estar compuestos por materias primas y componentes, también pueden estar formados por piezas de repuesto y suministros industriales” (p. 21).

7.3.1.1. Inventario de repuestos

Una bodega de mantenimiento generalmente está compuesta por repuestos, existencias de mantenimiento normal y herramientas, las cuales son necesarias para llevar a cabo las actividades cotidianas.

De acuerdo a como lo explica Galeano (2013) Los repuestos son aquellos activos físicos que hacen parte de los inventarios para el respaldo de las operaciones de la empresa. Por lo general, presentan costos altos de almacenamiento cuando se tienen y la falta de estos puede generar un impacto fuerte en los costos por disponibilidad de equipos.

Los problemas más comunes referentes a repuestos son:

- Costo unitario alto
- Tiempo de abastecimiento alto
- Lenta rotación de inventario
- Consumo aleatorio

Para solucionar este tipo de problemas es necesario ejecutar una gestión de inventarios que involucre lo siguiente:

- Control de unidades instaladas en planta
- Control de existencia de repuestos
- Control de requisiciones
- Registros históricos de consumo
- Actualización constante de listado de proveedores
- Actualización constante de tiempos de entrega

7.3.2. Costos de inventario

Son todos los costos relacionados al almacenamiento, mantenimiento y aprovisionamiento de inventarios, se puede mencionar el costo del artículo o repuesto, costo de ordenamiento, costo de mantenimiento, costo por falta de existencia.

7.3.2.1. Costo del artículo o repuesto

Este es el costo de comprar un artículo o repuesto en este caso. Por lo general se expresa como el costo por unidad multiplicado por la cantidad adquirida.

7.3.2.2. Costo de ordenamiento

Este es el costo de ordenar un lote de artículos, cabe mencionar que no depende de su tamaño, se asigna al total del lote. Incluye costo por realizar la orden de compra, despacho de esta, costos por transporte, costos de recibirla y demás.

7.3.2.3. Costo de mantenimiento

Se refiere al hecho de mantener artículos o repuestos en el inventario por un período de tiempo. Generalmente se puede calcular como una parte del valor de mantener un repuesto por la unidad de tiempo. Estos costos pueden oscilar entre 15 por ciento y 30 por ciento por año.

- Costo de capital (costo de oportunidad): la existencia de artículos o repuestos en el inventario, el capital invertido en estos no se encuentra disponible para otras inversiones.
- Costo de almacenamiento: esto debe de incluir el valor del espacio, si cuenta con algún seguro, e impuestos. Siempre y cuando el valor de este costo varíe según el nivel de inventario puede incluirse, si no pues se toma como un costo fijo.
- Costos de obsolescencia, deterioro y pérdida: estos se asignan a los artículos que tienen alta probabilidad de volverse obsoletos, como tecnología. Los artículos perecederos reciben costos de deterioro a lo largo de su vida útil. En los costos por pérdidas se puede incluir los costos de robo o mermas (Schroeder, 2011).

7.3.2.4. Costo por falta de existencia

De acuerdo con Gútierrez (2009) El valor de no poder utilizar un equipo, debido a reparaciones o modificaciones por fallas inesperadas es el rubro más importante en los costos de mantenimiento, normalmente es más elevado que los tres costos anteriores sumados.

Según Ramírez-Reyes (2014) La estimación del costo de no disponibilidad se realiza mediante una ecuación:

$$CF = LT * CP * P$$

Donde:

P = 1 si la falta de repuesto genera un paro de producción o “0” en cualquier otro caso

CP = costo de parada (varía según la línea y producto)

LT = tiempo de reposición del repuesto

CF = costo por falta de repuesto

7.3.3. Análisis ABC de inventarios

Este método consiste en aplicar el principio de Pareto o regla 80/20 para segmentar productos, clientes, proveedores, repuestos. Se aplica en el ámbito de almacén o bodega para clasificar el inventario según su importancia. Se pueden asumir distintos criterios según cada almacén y tipo de mercancía, un criterio típico es el valor de inventario de cada referencia, calculado como su demanda anual multiplicado por su costo unitario.

Los pasos para realizar este análisis son los siguientes:

- Determinar el costo de cada repuesto como porcentaje del costo total del inventario.
- Ordenar los repuestos de forma descendente según el porcentaje del costo con relación al costo del inventario total.
- Graficar el porcentaje de repuestos en el eje X y el porcentaje de su costo en el eje Y.

Determinar la clasificación ABC según las siguientes características:

- Tipo A: se encuentran entre el 10 % al 20 % de repuestos totales, representan entre el 60 % y 80 % del costo total de inventario.

- Tipo B: se encuentran en el 30 % de repuestos totales, representan un 15 % del costo total de inventario.
- Tipo C: se encuentran en el 50 % de repuestos totales, representan solo el 5 % del valor de inventario.

7.4. Gestión de inventarios

Actividades que conllevan al control y manejo de productos, con el fin hacer lo más rentable posible la existencia de estos. A su vez, se refiere al control que se debe tener sobre los productos que entran y salen del almacén, lo cual culmina con la buena administración de los inventarios.

La gestión de inventarios se puede dividir en dos actividades importantes:

- Determinación de las existencias: esto se refiere a los procesos que son necesarios para validar la información de las existencias físicas de los productos a controlar y los procesos son los siguientes:
 - Toma física de inventarios
 - Conteos cíclicos
 - Auditorías de existencias
- Análisis de inventarios: se realiza un análisis estadístico para determinar la cantidad óptima de existencias de acuerdo con los consumos semanales, mensuales, anuales, y sobre los tiempos de entrega.

7.4.1. Modelos de gestión de inventarios

Según Fernández (2017) Tomando en cuenta la necesidad de almacenar objetos en la empresa, es necesario establecer un modelo o modelos que se deben llevar a cabo para la gestión del inventario de la bodega. Se deben tomar en cuenta una serie de factores previos:

- Tipo de mercancía u objetos a almacenar.
- Mantener siempre equilibrada la demanda y el almacenamiento del objeto, para evitar costes de almacenamiento altos de manera innecesaria.
- La inversión en el inventario como el personal, transporte, gestión de vida útil, seguridad, mantenimiento de la bodega, entre otros.
- La demanda del objeto, la entrega de proveedores, entrega al cliente, ciclo de vida del objeto, entre otros.

Fernández (2017) Comenta que dentro de los modelos de inventario más utilizados se pueden mencionar:

- Modelo determinista: se caracteriza por conocer la demanda del objeto y esta se mantiene constante a lo largo del tiempo. El proveedor realiza entregas de forma constante, la distribución es efectiva existiendo nulidad en los retrasos. Son conocidos los costes del pedido y el almacenamiento.
- Modelo aleatorio o de probabilidades: se caracteriza por la aleatoriedad del inventario producida por la demanda (cuánto pedir y cuándo pedir) y por la entrega (retraso en la distribución al cliente final).

7.4.2. Modelos integrales

Los modelos integrales buscan darles una mirada global a los repuestos, consideran las interacciones con los procesos de la organización, su demanda y las problemáticas de estos.

De acuerdo con Wang (2012) da una mirada integral a los inventarios de repuestos de mantenimiento, alineando procesos de mantenimiento con procesos de inventarios, concentrando los esfuerzos en mantenimiento preventivo, inspecciones periódicas para definir el reemplazo de repuestos. No toma en cuenta metodologías de mantenimiento correctivo y predictivo, que son importantes y deben ser consideradas en un modelo integral.

7.4.3. Modelos basados en mantenimiento

Este tipo de modelos utilizan información de mantenimiento para predecir el comportamiento de los repuestos.

Kontrec (2015) Propone una aproximación para la toma de decisiones en la planeación y control de repuestos en la industria aeronáutica, basado en un modelo de confiabilidad que se utiliza para evaluar las características de los ensambles, sin embargo, deja por un lado el mantenimiento predictivo.

7.5. Repuesto

Pieza de un mecanismo, aparato o equipo que es igual a otra y puede sustituirla en caso de necesidad, sea por desgaste, por falla o por cualquier otra eventualidad.

7.5.1. Codificación

Un sistema de codificación de repuestos se caracteriza por permitir que los repuestos se identifiquen rápidamente y sin confusión, el código debe tener una longitud mínima que permita clasificar todos los artículos existentes o previstos. En lo posible el código tendrá que permitir la agrupación de los artículos y su localización, también complementar una descripción y un formato preestablecido (Noreña, 2004).

7.5.2. Trazabilidad

Condición que debe cumplirse en relación con los repuestos, componentes u otros productos, permitiendo la posibilidad de rastrear o hacer seguimiento sobre su historial o procedencia, uso y mantenimiento (Osorio, 2012).

7.5.3. Clasificación de repuestos por criticidad

En la industria, las empresas satisfacen una demanda de productos con sus distintas actividades. Para responder a dicha demanda se realizan criterios de rentabilidad y eficiencia, suelen incluir: mayor satisfacción del cliente (calidad), y costos bajos o mínimos. Esto desde el punto de vista de mantenimiento, significa reducir el inventario de repuestos, y garantizar la disponibilidad de los equipos, sin embargo, lo complejo de los sistemas hace que cumplir los dos criterios sea una tarea ardua.

Desde el punto de vista técnico, si se cuenta con más piezas de repuesto podrá ser más sencillo contar con disponibilidad de los equipos, sumado a esto desde el punto de vista económico entre menos repuestos haya almacenados, menor capital sin movimiento existirá. Por lo tanto, resulta evidente la importancia

del inventario de repuestos, ya que representa un costo elevado de almacenamiento cuando se tiene en exceso, y cuando hace falta puede lograr costes de indisponibilidad muy altos (Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo, 2013).

En función de las características que cumplen dichos repuestos en el mantenimiento de los equipos se pueden clasificar según su criticidad o el riesgo.

Los criterios para considerar son los siguientes:

- Impacto que genera su ausencia en el desarrollo del mantenimiento en los equipos.
- Costos del repuesto.
- Frecuencia del mantenimiento, entre otras variables.

La clasificación de los repuestos según criticidad o el riesgo puede ser:

- K – Crítico: alto impacto en la operación y la productividad, la falta de este puede generar pérdidas por paro en producción, daños al personal, daños al medio ambiente, instalaciones o imagen de la empresa.
- E – Esencial: alto impacto en la operación y la productividad, sin embargo, puede ser reemplazado sin afectar los planes de producción. Puede representar riesgos moderados para las personas, las instalaciones, el medio ambiente o la imagen de la empresa.
- S – Soporte: bajo impacto en la operación y la productividad, forma parte de casi todos los subprocesos que intervienen en la producción, son de

fáciles de conseguir. Representan bajos riesgos para las personas, las instalaciones y el medio ambiente.

- U - No existencia: no se mantienen en existencia en el inventario, la gestión de compra se realiza mediante solicitudes debidamente planeadas.

Los repuestos clasificados como (K, E o, S) deben estar disponibles en bodega de repuestos. Cuando se agota el inventario establecido y llega al punto de reabastecimiento, se solicita nuevamente completar el nivel de seguridad.

Los repuestos clasificados como U, se piden al proveedor solamente cuando son requeridos para el mantenimiento. Generalmente son de baja demanda o alto costo y no genera consecuencias (pérdidas) al no tenerlos en existencia.

7.5.4. Tendencia de uso

Según Vidal, Londoño, y Contreras (2004) es fundamental para el diseño de un sistema de administración de inventarios es el patrón de la demanda del producto. Este patrón de demanda se puede clasificar dependiendo de su coeficiente de variación, como errática si es mayor o igual a 1 o estacionaria cuando es menor que 1.

7.5.5. Stock de seguridad

Según Fernández (2017) Consiste en la existencia que está a disposición para cubrir desfases de la demanda de un repuesto o como consecuencia de algún retraso por parte del proveedor en la entrega de estos.

8. PROPUESTA DE ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

OBJETIVOS

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEÓRICO
 - 1.1. Planta de producción de fármacos
 - 1.1.1. Historia
 - 1.1.2. Líneas de producción
 - 1.2. Mantenimiento
 - 1.2.1. Departamento de Mantenimiento
 - 1.2.2. Integrantes
 - 1.2.3. Tiempo medio entre reparaciones MTTR
 - 1.2.4. Tiempo medio entre fallas MTBF
 - 1.2.5. Disponibilidad
 - 1.2.6. Costos asociados al mantenimiento
 - 1.3. Inventario
 - 1.3.1. Tipos de inventario
 - 1.3.1.1. Inventario de repuestos
 - 1.3.2. Costos de inventario

- 1.3.2.1. Adquisición
 - 1.3.2.2. Costos por falta de existencia (osto de oportunidad)
 - 1.3.2.3. Comparación entre un inventario organizado y otro no organizado
 - 1.3.3. Análisis ABC de inventarios
- 1.4. Gestión de inventario
 - 1.4.1. Modelos de gestión de inventarios
 - 1.4.2. Modelos integrales
 - 1.4.3. Modelos basados en mantenimiento
- 1.5. Repuestos
 - 1.5.1. Codificación
 - 1.5.2. Trazabilidad
 - 1.5.3. Clasificación
 - 1.5.4. Tendencia de uso
 - 1.5.5. Stock de seguridad

2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

APÉNDICES

ANEXOS

9. METODOLOGÍA

9.1. Ruta de investigación

La ruta de investigación que se plantea es mixta. Se recabará información cuantitativa a partir de la medición de cantidad de repuestos. Se recabará información cualitativa al clasificar por criticidad los repuestos por medio de inspección de inventario y criticidad de equipos.

9.2. Alcance de investigación

El alcance de investigación es descriptivo. Tras la revisión documental, se generará un diseño modelo de gestión de repuestos de equipos en una planta farmacéutica.

9.3. Tipo de investigación

El tipo de investigación es no experimental. Se recabará información de la tendencia de uso de repuestos, la criticidad de cada equipo, no sé retiraran piezas.

9.4. Variables

Son elementos que pueden tomar cualquier valor de los comprendidos en un conjunto, en este caso se utilizará el tiempo, cantidad, tipo de repuesto y criticidad.

Descripción de variables:

- Tiempo: es la magnitud que mide la duración o separación de acontecimientos.
- Cantidad: número de unidades.
- Tipo de repuestos: se clasifican según el área y criticidad del mismo A, B, C, D.
- Criticidad: atributo que demuestra la importancia de un equipo.

Se realiza desglose de variables y su tabulación en la siguiente tabla:

Tabla I. **Operativización de variables**

No.	Objetivos específicos	Variables	Plan de tabulación
1	Establecer la tendencia de uso de repuestos	Cantidad Tiempo	*Tabla de tiempo Anexo 2 *Tabla de tiempos Anexo 3
2	Establecer tipo y nivel de criticidad del repuesto	Tipo de repuestos Criticidad	Cuadro Comparativo Anexo 4
3	Determinar los beneficios económicos y de tiempo de respuesta del departamento de mantenimiento.	Valor actual Valor de rescate (flujo de caja variables)	*Cuadro de análisis de costos

Fuente: elaboración propia.

9.5. Fases de investigación

Se describirá el orden en el cual se desarrollará el diseño de investigación, iniciando con una revisión documental, luego una revisión de documentación interna y culminando con el análisis de la matriz de criticidad interna de los equipos. Se amplía a continuación las tres fases de investigación:

- Fase 1: revisión documental. Se realizará la revisión de bibliografía base para la elaboración del trabajo.
- Fase 2: revisión de documentación interna. Se realizará la revisión de órdenes de trabajo, inventario y bitácoras de mantenimiento.
- Fase 3: se realizará un análisis de la matriz de criticidad interna. Se realizará un análisis de la matriz de criticidad de equipos para establecer la criticidad de repuestos y se revisará el inventario.

Estas mismas fases estarán en el cronograma y en el esquema de solución. Y técnicas de análisis de información.

9.6. Población y muestra

La población de estudio seleccionada son los repuestos de los equipos de producción los cuales se encuentran ubicados en el almacén de repuestos e inventario.

10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Dentro de las técnicas de análisis de información que se utilizarán para realizar la investigación, se realizará una reducción de la información obtenida por medio del análisis del inventario, por medio de entrevistas con el personal de mantenimiento, histórico de repuestos, histórico de mantenimiento preventivo y algunos otros documentos filtrados por el investigador utilizados en investigaciones similares.

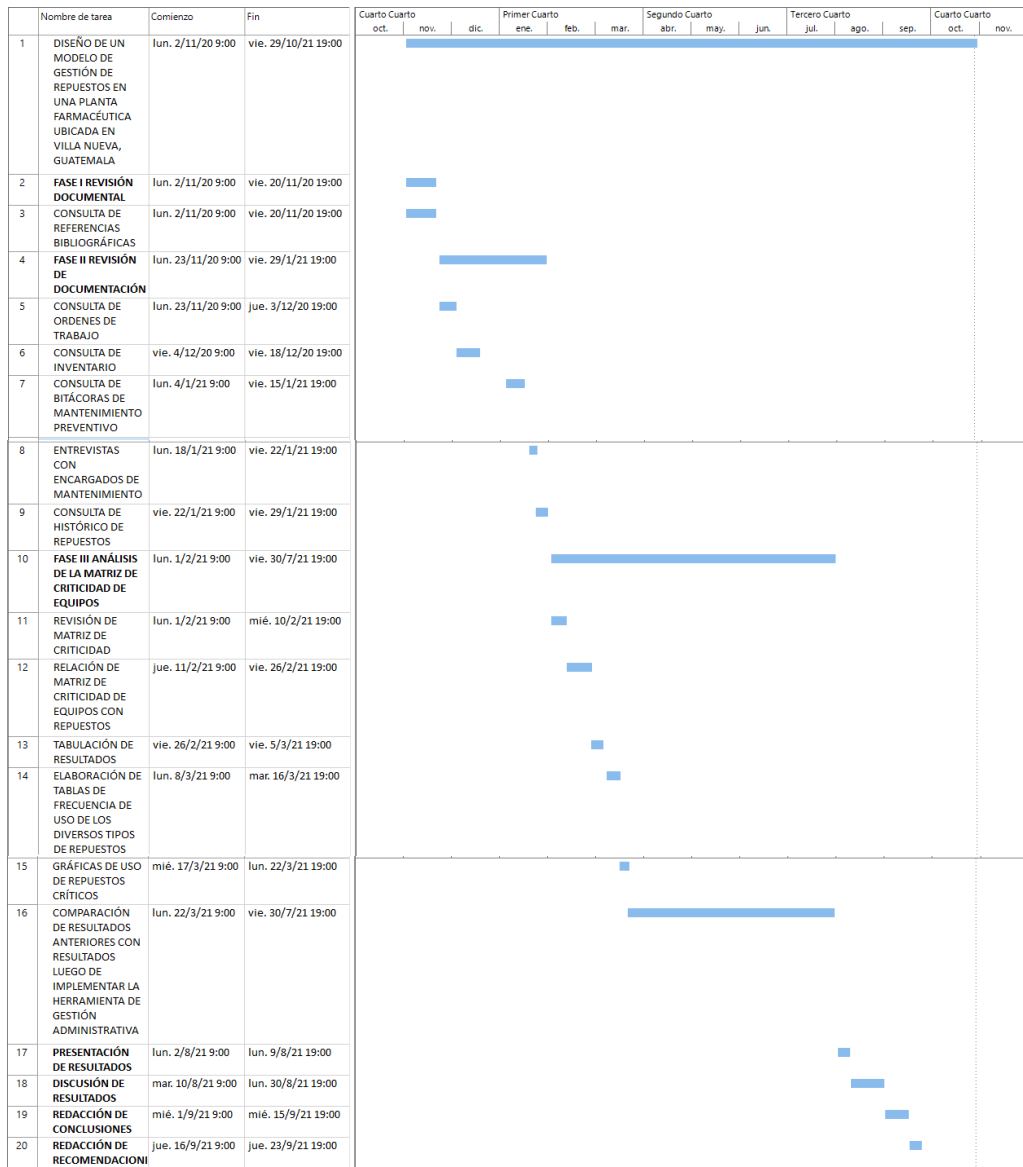
Se identificarán las unidades de texto u observación, como por ejemplo criterios de organización de inventario, requisitos de organización de inventario en empresas con el mismo giro de negocio, requisitos de ley para el almacenamiento de repuestos especiales, procedimientos empíricos de almacenamiento, criterios de criticidad de repuestos, análisis de codificación actual de repuestos. Se elaborarán tablas de frecuencia de uso de los diversos tipos de repuestos según su criticidad para ser tomados en cuenta dentro de la propuesta de la herramienta administrativa para la gestión de inventarios, ya que con ello se identificarán aquellos repuestos críticos para el proceso. Con ello se mejorará la disponibilidad de estos al momento de ejecutar los planes de mantenimiento preventivo.

Estas tablas de frecuencia de uso de los diversos tipos de repuestos se compararán con los modelos teóricos propuestos en modelos de gestión de inventarios para determinar la utilidad y función de los mismos en el almacén de repuestos de una empresa farmacéutica.

Se realizarán gráficas donde se demuestre la frecuencia de uso de los repuestos críticos para compararla con la mejora del MTBF una vez implementada la herramienta administrativa para la gestión de inventario.

11. CRONOGRAMA

Figura 5. Cronograma de investigación



Fuente: elaboración propia.

12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

Para realizar la investigación, se cuenta con el apoyo del personal de mantenimiento, técnicos, que realizan el mantenimiento de los equipos involucrados en la investigación, del encargado de bodega, que tiene acceso al historial de los repuestos y del Departamento de Producción que brinda la información importante para la clasificación de los equipos involucrados en el estudio.

Los recursos que se utilizarán para realizar la investigación serán financiamiento propio, para realizar la investigación se utilizarán algunos recursos como laptop, base de datos digital y actualmente la empresa ha dado los permisos necesarios para poder realizar la investigación en la planta de producción con la limitación de no mencionar el nombre de la institución por razones de seguridad.

Actualmente el investigador en su calidad de asistente de calificación de equipos tiene acceso a la infraestructura necesaria para poder realizar el trabajo de campo y la recopilación de información necesaria.

A continuación, se realiza un detalle del presupuesto estimado para llevar a cabo la investigación:

Tabla II. **Presupuesto de la investigación**

Descripción	Costo
Laptop	Q 4000.00
Asesor	Q 2500.00
Hojas	Q 150.00
Fotocopias	Q 75.00
Alimentación	Q 900.00
Combustible	Q 1200.00
Energía eléctrica	Q 1000.00
Tinta	Q 125.00
Etiquetas	Q 200.00
Total	Q 10150.00

Fuente: elaboración propia.

13. REFERENCIAS

1. Arciniegas, C. (2002). *Modelo de plan estratégico para la gestión de inventarios para los repuestos John Deere de Ponce Yepes S.A.* (Tesis de maestría). Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10644/2426>.
2. Ballou, R. (2004). *Logística Administración de la cadena de suministro*. México: Pearson Educación.
3. Fernández, A. (2017). *Gestión de inventarios*. COML0210. Málaga: IC Editorial.
4. Fernández, F. (2004). *Auditoría del mantenimiento e indicadores de gestión*. Madrid: FC Editorial.
5. Galeano, L. (2013). *Mejoramiento de la gestión de repuestos para el mantenimiento de los equipos de la gerencia regional del Magdalena Medio Ecopetrol S.A Corporación CIMA* (Tesis de grado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga. Recuperado de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/147245.pdf>
6. Gutiérrez, L. (2009). *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control*. México: Alfaomega .
7. Kontrec, N. (2015). *A Reliability-Based Approach to Nonrepairable Spare Part Forecasting in Aircraft Maintenance System*. Serbia Hindawi.

8. Nieto, C. (2008). *Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para una pequeña empresa del rubro de minería para reducción de costos del servicio de alquiler* (Tesis de grado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Recuperado de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/273470/EChang.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
9. Noreña, T. (2004). *Gestión logística. Stocks almacenes y bodegas*. Bogotá: Seminarios Andinos.
10. Olarte, W., Botero, M. y Cañon, B. (1 de abril de 2010). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción. *Scientia et Technica*, 44(1), 354 – 356. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4587110.pdf>.
11. Ortiz, T. (2012). GISERCOM: un procedimiento eficiente para la gestión de inventarios en empresas comerciales y de servicios. *Issue*, 176(1), 1-36. Recuperado de <https://ideas.repec.org/a/erv/observ/y2012i17611.html>.
12. Osorio, H. (2012). *Manejo De La Trazabilidad De Partes Y/O Materiales En Un Almacén Aeronáutico* (Tesis de grado). Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/143445667.pdf>.

13. Placeres, C. (1 de noviembre de 2016). Procedimiento Para La Gestión De Inventario En El Almacén Central De Una Cadena Comercial Cubana. *SciELO Analytics*, 9(1), 1 – 12. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202017000100006
14. Ramírez-Reyes, G. (3 de septiembre de 2014). Modelo de medición del impacto financiero de mantenimiento de inventario de suministros. *Scientia et Technica*, 19(3), 251-260. Recuperado de <https://www.studocu.com/es-ar/document/universidad-empresarial-siglo-21/produccion-ii/resumenes/modulo-1-inventarios-modelo-de-medicion-del-impacto-financiero/8132177/view>.
15. Schroeder, R. (2011). *Administración de operaciones, conceptos y casos contemporáneos*. México: McGraw-Hill.
16. Sumalla. (2016). *Diseño de mejoras en la gestión de almacén y la planificación de inventarios de una bodega de repuestos y suministros de una empresa multinacional de consumo masivo* (Tesis de grado). Universidad Católica de Andrés Bello, Caracas, Venezuela. Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAT3126.pdf>.
17. Trujillo, L. (2018). *Modelo Integral de Gestión de Repuestos para Mantenimiento en empresas intensivas en uso de capital* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. Recuperado de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/41022/TrujilloAlvaradoLeonardo2018..pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

18. Vidal, C., Londoño, J. y Contreras, F. (14 de septiembre de 2004). Aplicación de Modelos de Inventarios en una Cadena de Abastecimiento de Productos de Consumo Masivo con una Bodega y N Puntos de venta. *Ingeniería y Competitividad*, 6(1), 35 – 52. Recuperado de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/1566/Rev.Ing.%20y%20Competitividad%20Vol%206,%20No%201,2004,%20p.35-52.pdf;jsessionid=98102049F90206C664A6DDD65E11B642?sequence=1>.
19. Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera , L. yCrespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare Revista Chilena de Ingeniería*, 21(1), 125-138. Recuperado de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100011.
20. Wang, W. (1 de enero de 2012). A stochastic model for joint spare parts inventory and planned maintenance optimisation. *European Journal of Operational Research*, 2016(1), 127-139. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221711006631>.

14. APÉNDICES

Apéndice 1. **Matriz de coherencia**

TÍTULO	DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA EL ALMACÉN DE REPUESTOS DE MANTENIMIENTO EN UNA PLANTA FARMACÉUTICA UBICADA EN VILLA NUEVA GUATEMALA		
OBJETIVO GENERAL	Establecer la herramienta administrativa más adecuada para organizar y controlar los repuestos en una planta farmacéutica.		
PREGUNTA CENTRAL	¿Qué herramienta administrativa puede ser utilizada para organizar y llevar un mejor control de repuestos en una planta farmacéutica?		
No.	Objetivos específicos	Preguntas de investigación	Metodología
1	Establecer la tendencia de uso de repuestos utilizados y gestionados en bodega	¿Con qué frecuencia se utilizan los repuestos?	* Revisión de órdenes de trabajo * Revisión de Inventario * Revisión de bitácoras de mantenimiento
2	Establecer tipo y nivel de criticidad del repuesto	¿Cuál es el tipo y nivel de criticidad de los repuestos utilizados?	* Revisión de Inventario * Revisión de criticidad de equipos
3	Determinar los beneficios económicos y de tiempo de respuesta del departamento de mantenimiento.	¿Qué beneficios económicos y de tiempo de respuesta se requieren en el departamento de mantenimiento?	*Revisión de Costos

Fuente: elaboración propia.

