

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CONTADURÍA Y ADMINISTRACIÓN



“Gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.”

Posgrado: Maestría en Administración

Tesis que presenta: Aldo Gerardo Galaviz

Director de tesis: Dra. Janette Brito Laredo

Codirector de tesis: Mtra. Velia Ferreiro Martínez

Sinodal (vocal) de tesis: Dra. Reyna Virginia Barragán Quintero

Tijuana, B.C a junio del 2021

Agradecimiento

La educación continua es el esfuerzo que realiza el ser humano con el objetivo de superarse a sí mismo todos los días. El camino hacia el aprendizaje y la superación personal no es fácil, sin embargo, la satisfacción de alcanzar la meta es inigualable.

Le agradezco a Dios por darme salud, fuerza y tranquilidad durante estos dos años que fueron muy difíciles para todos. Mi familia es y fue mi pilar, mi esposa, mis padres, mis hermanos y a mi hija fueron el soporte que me dio animo a seguir adelante todos los días. Fueron horas de dedicación y a la vez de distanciamiento con mi familia, por este motivo les agradezco.

De igual manera agradezco a los docentes de la Universidad Autónoma de Baja California por su dedicación, disposición, profesionalismo y compromiso mostrado durante estos dos años, fueron una pieza clave para terminar mis estudios. Por último, también quiero agradecer a mis compañeros por su apoyo, solidaridad y motivación, formamos un equipo con profesionistas de diferentes disciplinas y eso fue lo que nos ayudó a enriquecer y dar un toque único al curso.

Índice

Índice	2
Listado de Tablas	4
Listado de figuras.....	5
Resumen.....	7
Abstract	8
Capítulo 1. Introducción	10
1.2 Antecedentes.....	11
Historia del mantenimiento.....	13
Historia confiabilidad.....	15
1.3 Planteamiento del problema.....	16
1.4 Preguntas de investigación.....	18
1.5 Objetivos	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos	19
1.6 Hipótesis	19
1.7 Justificación	20
Relevancia social	20
Implicaciones practicas.....	21
Valor teórico	21
Utilidad metodológica.....	21
1.8 Matriz de congruencia.....	22
Capitulo 2. Marco Referencia	25

	3
2.1 Mantenimiento	25
2.2 Confiabilidad.....	26
2.3 Gestión	28
2.4 Confiabilidad en los departamentos de mantenimiento	29
Otras metodologías de gestión del mantenimiento	34
2.5 Seguridad	39
2.6 Calidad	40
2.7 Productividad	42
2.8 Costos.....	44
El presupuesto de mantenimiento.	44
Los costos de mantenimiento.....	46
2.9 Capital Humano	48
Capacitación.....	49
Motivación	49
Comunicación	50
Pertenencia.....	50
Ergonomía.....	50
Desarrollo.....	51
2.10 Sistemas y Procedimientos.....	51
2.11 Administración de Activos.....	53
2.12 Definición de Estrategias	55
Capítulo 3. Marco contextual.....	59
Capítulo 4. Metodología	66

4.1 Plan para la obtención de datos.....	67
4.2 Instrumento de medición confiabilidad en los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.	71
Capitulo 5. Resultados	72
5.1 Etapa 1. Validación del instrumento de medición	72
Estudio de la Variable CH – Capital Humano	73
Estudio de la Variable SP- Sistemas y procedimientos	74
Estudio de la Variable AA - Administración de Activos	76
Estudio de la Variable DE – Definición de Estrategias	77
Estudio de la Variable CONF – Confiabilidad de los departamentos de mantenimiento	79
5.2 Etapa 2. Aplicación del instrumento de medición validado al total de la población.	79
6. Recomendaciones y conclusión	85
6.1 Recomendaciones	87
6.2 Recomendaciones para futuras investigaciones	88
Bibliografía	91
Anexo 1. Instrumento de medición.....	98

Listado de Tablas

Tabla 1. Evolución del mantenimiento en el tiempo.....	14
Tabla 2. Matriz de congruencia.....	23
Tabla 3 Metodologías de gestión del mantenimiento	34
Tabla 4. Sistemas y procedimientos.....	53
Tabla 5. Administración de activos.....	54

Tabla 6. Definición de estrategias.....	56
Tabla 7. Variables del instrumento de medición.....	71
Tabla 8. Alpha de Cronbach CH – Capital Humano.....	73
Tabla 9. Análisis de ítems CP-Capital humano	74
Tabla 10. Alpha de Cronbach SP – Sistemas y procedimientos	75
Tabla 11. SP-Sistemas y Procedimientos.....	75
Tabla 12. Alpha de Cronbach AA – Administración de Activos.....	76
Tabla 13. Análisis de ítems AA- Administración de Activos	77
Tabla 14. Alpha de Cronbach DE – Definición de Estrategias	78
Tabla 15. Análisis de ítems DE – Definición de Estrategias	78
Tabla 16. Alpha de Cronbach CONF – Confiabilidad de los departamentos de mantenimiento.....	79
Tabla 17. Correlación de variables	82
Tabla 18. Resumen modelo de regresión múltiple.....	84

Listado de figuras

Figura 1. Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO).....	30
Figura 2. Sistema de Confiabilidad Operacional (CO)	31
Figura 3. Áreas de la Optimización Integral de Mantenimiento (MIO).....	32
Figura 4. Factores internos de la productividad.....	43
Figura 5. Proceso de planificación en mantenimiento	45
Figura 6. Grafica del PIB de la industria metal mecánica respecto al PIB nacional.....	60
Figura 7. Porcentaje del PIB de la industria metal mecánica respecto al PIB de las industrias manufactureras	61

Figura 8. Comparativo del crecimiento del PIB 2010-2017 (Crecimiento promedio anual en términos reales)	62
Figura 9. Personal ocupado en la industria metal mecánica	63
Figura 10. Distribución en porcentaje de la industria automotriz en el País	64
Figura 11. Plan de implementación de instrumento de medición.	68
Figura 12. Modelo Ex ante. Elaboración propia	70
Figura 13. Escolaridad grupo de mantenimiento	80
Figura 14. Rangos de edades del grupo de mantenimiento	81
Figura 15. Metodología de gestión de la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento	89

Resumen

Los departamentos de mantenimiento son la prioridad para la alta gerencia de la industria automotriz más representativa de Tijuana, Baja California. Es común escuchar a los directivos de la industria automotriz, frases como; “Si el equipo corre la línea corre”, haciendo referencia a que los equipos y las líneas automatizadas se han vuelto parte fundamental para la productividad de la industria automotriz, al grado de volverse críticos.

Los altos requerimientos de seguridad, calidad, productividad y costos accesibles de los clientes internos y externos de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. debido al crecimiento exponencial que han tenido en los últimos años provoca que los departamentos de mantenimiento tengan que desarrollar e implementar nuevas estrategias de mantenimiento ajustadas al contexto operacional del momento. Una de las estrategias propuestas es la de gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento. En esta investigación se utiliza una metodología de tipo cuantitativa, donde a través de un instrumento de medición se pretende validar que variables determinan el nivel de confiabilidad del departamento de mantenimiento.

Esta investigación se puede dividir en tres puntos principales; En el primer punto se pretende describir los conceptos fundamentales de este trabajo y su interacción con la industria automotriz en la actualidad. Estos conceptos son; Mantenimiento, Gestión y Confiabilidad. En el segundo punto se explica un poco sobre el tema de confiabilidad su relevancia en la gestión eficiente de los departamentos de mantenimiento actual en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. Por último, se realiza un análisis de la confiabilidad del instrumento de medición propuesto, para validar si realmente las variables independientes

propuestas determinan el nivel de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento. Al final se concluye que el instrumento de medición es confiable y que las variables independientes capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias tienen correlación con la variable dependiente confiabilidad operativa de los departamentos de mantenimiento que a su vez está determinada por seguridad, calidad, productividad y costos.

Abstract

Maintenance departments are the priority for the most representative senior management of the automotive industry in Tijuana, Baja California. It is common to hear the executives of the automotive industry, phrases such as "If the equipment runs the line runs", referring to the fact that equipment and automated lines have become a fundamental part of the productivity of the automotive industry, to the point of becoming critical.

The high requirements of safety, quality, productivity and affordable costs of the internal and external customers of the most representative automotive industry of Tijuana, B.C. due to the exponential growth they have had in recent years causes maintenance departments to have to develop and implement new maintenance strategies adjusted to the operational context of the moment. In this research, a quantitative methodology is used, where through a measurement instrument it is intended to validate which variables determine the level of reliability of the maintenance department.

This research can be divided into three main points; The first point aims to describe the fundamental concepts of this work and its interaction with the automotive industry today. These concepts are Maintenance, Management and Reliability. The second point explains a little about reliability its relevance in the efficient management of current maintenance departments in the

most representative automotive industry of Tijuana, B.C. Finally, an analysis of the reliability of the proposed measurement instrument is performed to validate whether the proposed independent variables really determine the level of reliability of the maintenance departments. In the end it is concluded that the measurement instrument is reliable and that the independent variables human capital, systems and procedures, asset management and definition of strategies have correlation with the variable dependent operational reliability of the maintenance departments which in turn is determined by safety, quality, productivity and cost.

Capítulo 1. Introducción

En la investigación se muestra la función de los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz con un enfoque en la gestión de la confiabilidad. De acuerdo con Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013) una adecuada gestión del mantenimiento debe cumplir con los objetivos de reducción de costos, asegurar la productividad en los equipos, reducir los riesgos de seguridad hacia las personas y efectos negativos al medio ambiente. En este sentido, para que un departamento de mantenimiento se considere confiable se requiere de otros factores como seguridad, calidad, productividad y costos.

De acuerdo con Banda, Gómez y Carrión, (2016) el crecimiento de la producción y exportación de la industria automotriz nacional ha ido en aumento (p. 57). En específico en Tijuana, Baja California en los últimos años ha crecido exponencialmente, esto obliga a los departamentos de mantenimiento a buscar metodologías y/o estrategias eficientes y eficaces que cumplan con los altos niveles de requerimientos del cliente interno (producción) bajo las condiciones operativas del momento. Estos requerimientos se pueden enlistar en las dimensiones de seguridad, calidad, productividad y costos accesibles (García, 2007; Améndola, 2002; Sotuyo, 2001).

Esta investigación tiene como objetivo determinar si la estrategia de gestión integral de confiabilidad operacional cumple con los altos requerimientos que tienen la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. para los departamentos de mantenimiento bajo las condiciones operativas dadas. Por lo tanto, se pretende validar si las variables; capital humano, procesos/sistemas administrativos, administración de activos y estrategias implementadas

determinan el nivel de confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. (García, 2007).

1.2 Antecedentes

Medina, (2009) menciona que el mantenimiento ha sido utilizado desde el comienzo de la humanidad. Desde sus inicios el ser humano ha buscado formas de mejorar sus herramientas puesto que estas le ayudan a cubrir sus necesidades físicas y psíquicos. En otras palabras, el ser humano siempre ha trabajado para darle más tiempo de vida a los recursos que posee, de ahí la palabra mantenimiento (p. 2).

De esta forma conforme el ser humano ha ido evolucionando el mantenimiento también lo ha hecho puesto que cada vez se han vuelto más exigentes las necesidades de calidad en los productos y servicios (Escobar, Villa y Yañez, 2003). En este sentido es necesario aclarar que “el servicio se mantiene y el recurso se preserva” (Dounce, 20014, p. 3). Podemos inferir de esta oración que el mantenimiento actual debe estar enfocado no en la maquina sino más bien en el producto que se fabrica gracias a este medio.

La industria es cada vez más automatizada y competitiva, donde las empresas más eficientes son las que generan más ganancias y por ende permanecen en existencia por más tiempo. Se entiende por eficiencia la calidad con la que se entrega un producto o servicio. Desde el punto de vista administrativo, el objetivo principal del mantenimiento es "conservar en condiciones deseadas de operación los componentes del sistema productivo, con el mejor rendimiento posible y con costos compatibles" (Garcia, 2006, p. 3).

Los tres objetivos fundamentales del mantenimiento para su mayor comprensión son: El mantener las instalaciones y los equipos en buenas condiciones operacionales; el segundo es la parte económica del mantenimiento, en el cual se establece que debe contribuir para sostener los

costos de producción lo más bajos posibles; por último, el tercer objetivo es mantener la operación de manera segura, durante un porcentaje óptimo de tiempo.

Así mismo, el mantenimiento debe tener como meta principal el contribuir a la empresa en la obtención de más altas capacidades de producción a un costo mínimo (García, 2006). La operación actual permite a los departamentos de mantenimiento un papel de protagonista ya que de estos depende la productividad de sus líneas de producción. El ser capaz de predecir qué tan confiable es la producción, dando certidumbre y confianza en planear los objetivos a largo plazo.

La confiabilidad tiene sus inicios a principios de los años 40's y desde entonces ha tenido una evolución exponencial alineado con los avances tecnológicos (Escobar, Villa y Yañez, 2003). A pesar de lo complejo que aparente ser este concepto, es más común de lo que parece, debido a que se utiliza en diversos contextos de la vida diaria del ser humano. Zapata (2011) comenta que la confiabilidad es “la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función en las condiciones operativas específicas durante un intervalo de tiempo dado” (p.3).

La disponibilidad operativa en la industria de acuerdo con Valdez, (2017) es el porcentaje de tiempo que el equipo cumple con las condiciones necesarias para operar o producir en procesos que operan continuamente. La disponibilidad se puede medir matemáticamente al restar el tiempo promedio para mantenimiento al tiempo total disponible para producción dividido entre el tiempo total disponible para producción, es decir:

$$\text{Disponibilidad (OA)} = \frac{\text{Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)}}{\text{Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)} + \text{Tiempo Medio Para Restablecer (MTTR)}}$$

Pérez (2017) menciona que la calidad en el departamento de mantenimiento es la eficiencia con la que cumple con los requerimientos del cliente (producción). Comúnmente estos requerimientos se miden a través de tres variables: disponibilidad operativa por sus siglas en

inglés *Operation Availability* (OA) la cual cuantifica porcentualmente el tiempo que los equipos en promedio se mantienen en operación. La segunda variable es el tiempo medio de restablecimiento por sus siglas en inglés *Mean Time To Repair* (MTTR), la cual cuantifica el tiempo medio de restablecimiento de fallas y por último el tiempo medio entre fallas por sus siglas en inglés *Mean Time Between Failure* (MTBF). La cual cuantifica el tiempo promedio entre una falla y otra (p.4).

Historia del mantenimiento

A finales del siglo XVII el concepto de mantenimiento no genera mucha importancia debido a que la industria de ese tiempo utilizaba un 90% al ser humano y un 10% a la máquina, esta era razón suficiente para no prestar mucha atención en los equipos, pero conforme las líneas de producción se volvieron más automatizadas el mantenimiento se empezó a considerar relevante (Dounce, 20014, p.2). De igual manera a finales del siglo XIX, época de la revolución industrial, el mantenimiento se convierte más complejo para los operarios de la industria, debido al aumento de la demanda en productos y servicios, incapacitando a los mismos en dar el mantenimiento necesario a los equipos por lo que se requiere de la apertura de un departamento de mantenimiento en la industria (García S., 2010, p.1).

De acuerdo con Mora, (2009) el mantenimiento empieza a tomar estructura organizacional en el siglo XX. Es donde comienzan las tácticas de mantenimiento, la planeación y organización del mantenimiento toman fuerza para afirmar al mantenimiento como un departamento independiente (p.21). En la Tabla 1 se observa la línea del tiempo desde el punto de vista del mantenimiento:

Tabla 1. Evolución del mantenimiento en el tiempo

-120000	1780	1914	1927	1950	1960	1970	1971	1995	A la fecha
CM	CM	MP	SQC	PM	RCM	CMMS	TPM	5S	IC

Fuente: (Medina, 2009, p.9)

Donde:

- CM: Mantenimiento correctivo
- MP: Mantenimiento Preventivo
- SQC: Control estadístico de Calidad
- PM: Mantenimiento Productivo
- RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
- CMMS: Sistema Computarizado para Administración de Mantenimiento por sus siglas en Ingles *Computerized Maintenance Management System*
- TPM: Mantenimiento Productivo Total
- 5S: Las cinco eses
- IC: Conservación Industrial

Historia confiabilidad

El concepto de confiabilidad ha ido evolucionando de tal forma que se requiere de otros conceptos como la calidad para explicarlo. La confiabilidad se describe como la “calidad a través del tiempo” (Meeker y Escobar, 2003, p.2). Al igual que el mantenimiento, el término de confiabilidad surgió entre 1941 y 1950 después de la segunda guerra mundial (Escobar, Villa y Yañez, 2003, p. 5).

El concepto de confiabilidad aplicado en la investigación de (Zertuche, Rodríguez, Marroquín, Valencia y Sánchez, (2012) está enfocado en la selección y el trabajo adecuado del tiempo de vida de un producto. La suma de estos dos factores puede contribuir a obtener la confiabilidad y con ello lograr una mejora en el nivel de seguridad tanto para el producto como para la empresa. Esta mejora en la confiabilidad permite buscar nuevas metodologías estadísticas que permitan toma de decisiones oportunas. El enfoque de esta investigación es el la fundamentación y obtención de datos que ayuden a lo correcta toma de decisión y mejor en el nivel de seguridad.

Por otra parte, Huerta, (2000) utiliza el análisis de la criticidad para mejorar la confiabilidad operacional de las instalaciones y sus procesos, sistemas y equipos asociados de la empresa. En el ámbito del mantenimiento, el análisis de criticidad ayuda a determinar cuáles son los sistemas prioritarios para la elaboración de programas y planes de mantenimiento. De una forma u otra este enfoque de confiabilidad basado en el análisis de criticidad ayuda a la toma de decisión.

1.3 Planteamiento del problema

El planteamiento del problema de esta investigación radica en que la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. no cuentan con los suficientes paros programados que permitan el tiempo necesario para realizar los mantenimientos preventivos a la maquinaria y equipo, lo cual provoca, que los departamentos de mantenimiento busquen otras alternativas para mantener la disponibilidad del equipo, por lo que es indispensable un mantenimiento basado en la confiabilidad.

Hung (2009) hace mención de que las empresas de manufactura con procesos continuos como lo es la industria automotriz más representativa de Tijuana B.C. tienen una mayor dificultad para realizar las actividades de mantenimiento, esto debido principalmente a que no hay paros programados como los tienen otro tipo de industrias. La importancia de la confiabilidad en los procesos y puntualmente en la maquinaria recae en que las fallas o averías en los equipos son las causas principales de ineficiencia. Esto conlleva una “disminución de la disponibilidad de los procesos que a su vez trae como consecuencia pérdida de la producción, aumento de los costos operativos y una reducción de los ingresos, incluso en muchos casos, puede originar un accidente del que se deriven daños importantes a las personas o al ambiente” (p.14).

Urrea, (2014) menciona que la industria automotriz en Tijuana, Baja California utiliza el método de “justo a tiempo”, el cual está diseñado para mantener una operación esbelta, es decir, producir solo lo necesario bajo un esquema de cadena de operación, los procesos son continuos y no hay bancos o almacenes de producto terminado. Una falla de la maquinaria crítica en este tipo de procesos provoca que pare la producción total del producto. Estos métodos de operación

refuerzan la importancia de la confiabilidad en mantenimiento para asegurar la productividad de la empresa. Debido a que al no contar con almacenes de producto temporal o terminado la falla en los equipos automatizados se vuelven críticas para el momento de la operación.

Banda, Gómez y Carrión (2016) en cuanto a la producción y exportación de la industria automotriz nacional ha ido en aumento del 2008 a la fecha, por cada 10% de aumento en la exportación, aumenta un 9% la producción. Este es un buen indicador, que nos hace reflexionar sobre si la industria automotriz nacional está preparada para responder al incremento en la demanda de la producción. Por lo que se requiere de un involucramiento de la confiabilidad del mantenimiento en la producción para lograr este objetivo.

Martínez, Santos y García (2017) uno de los estados con mayor industria automotriz en México, es Guanajuato y a pesar de que existen algunos proyectos de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología referente a este sector industrial no son los suficientes para lograr potencializar la industria en este estado. Hablar de un clúster suena algo muy alejado de la realidad para la industria automotriz en Baja California, pero la transferencia de conocimiento y la integración de proveedores locales en la cadena de valor puede ayudar a lograrlo. El desarrollo de una investigación del sector de la industria automotriz en Baja California, puede ser un factor que potencialice la economía de la región.

De acuerdo con Meeker y Escobar, (2003) la competitividad global actual entre las empresas de manufactura, generan presión para reducir los tiempos de entrega, reducción de costos de operación, alta demanda de calidad y confiabilidad. La suma de todos estos factores genera un reto para las empresas manufactureras en general, pero en especial para los departamentos de mantenimiento y su confiabilidad. El departamento de mantenimiento de la

industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. no cuenta con una investigación formal, clara e integral que sustente los altos niveles de seguridad, calidad, productividad y costos aceptables a través del tiempo.

Díaz, López y Garduño (2019) describen que la productividad de la industria automotriz nacional es explicada en gran medida por la eficiencia en la fuerza laboral adiestrada y disciplinada. Lo que genera una ventaja competitiva a la Baja California debido a que nos encontramos en la región norte del país, una de las regiones con un nivel educativo alto.

1.4 Preguntas de investigación

¿El nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad, costos aceptables) de los departamentos de mantenimiento es determinado por capital humano, procedimientos/sistemas, administración de activos y estrategias en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.?

1.5 Objetivos

Objetivo general

Comprobar si el capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y estrategias, determinan el nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

Objetivos específicos

Analizar si el capital humano determina el nivel de confiabilidad a través de sus dimensiones (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

Analizar si las estrategias determinan el nivel de confiabilidad en sus dimensiones (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

Analizar si la administración de activos determina el nivel de confiabilidad en sus dimensiones (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

Analizar si los sistemas y procedimientos determinan el nivel de confiabilidad en sus dimensiones (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

1.6 Hipótesis

H₀: Las variables de capital humano, procedimientos/sistemas, administración de activos y definición de estrategias no determinan el nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos) de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

H₁: Las variables de capital humano, procedimientos/sistemas, administración de activos y definición de estrategias si determinan el nivel de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

1.7 Justificación

Con esta investigación se pretende mejorar la gestión de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. y por consecuencia los niveles de seguridad, calidad, productividad y costos en general. Gulati y Smith, (2009) mencionan que hay cuatro razones principales para gestionar la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento:

1. Confiabilidad y reputación.
2. Satisfacción del cliente. Equipos confiables generan productos de calidad y permiten las entregas del producto en los tiempos predeterminados.
3. Logran la continuidad en los negocios (mantener clientes) como resultado de los factores anteriores.
4. Ventaja competitiva gracias a la reducción de costos. (p.10)

Relevancia social

La industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. emplea más de 2,000 personas directamente, sin contar la cantidad extra de personas que se emplean indirectamente en la región. Por lo tanto, es importante mejorar y mantener los niveles de productividad a un costo accesible con seguridad y calidad para conseguir que la industria en general sea competitiva y genere nuevas fuentes de empleo que beneficien a la sociedad.

Implicaciones practicas

Esta investigación implica un cambio de mentalidad de la alta gerencia para poder aceptar y adoptar una nueva metodología de gestión de mantenimiento en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. Es claro que la implementación de nuevas estrategias implica un cierto nivel de resistencia, pero se pretende mitigar con el sustento teórico y analítico. La labor de convencimiento solo se puede lograr a través de una buena investigación que este sustentada, que sea clara, concisa y validada.

Valor teórico

Esta investigación pretende sentar las bases de la gestión integral de la confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. por lo que podría ser de utilidad para referenciar futuras investigaciones relacionadas con los temas de; 1. Gestión del mantenimiento, 2. Confiabilidad operacional, 3. Industria automotriz. Por otra parte, esta investigación también podría ser de utilidad para ayudar a la industria en general con una guía para la gestión del mantenimiento basado en confiabilidad operacional.

Utilidad metodológica

La metodología de la gestión del mantenimiento basado en confiabilidad es de utilidad para la industria automotriz más representativa de Tijuana, Baja California porque permite determinar las actividades críticas y optimizar el tiempo disponible para los trabajos preventivos, correctivos o proactivos de mantenimiento. A través de la gestión de la confiabilidad se puede lograr un control de la planeación de las actividades y de esta forma mejorar la seguridad, calidad, productividad y costos.

1.8 Matriz de congruencia

En la Tabla 2 se describe el tema de investigación de manera estructurada. Esto con el objetivo de visualizar de una forma más sencilla el planteamiento del problema, su relación con las preguntas de investigación, los objetivos generales, específicos y la metodología a seguir para esta investigación. Esta matriz de congruencia muestra un mapa muy general del planteamiento de la investigación.

Tabla 2. Matriz de congruencia

Tema	Planteamiento del problema	Preguntas de investigación	Objetivos generales	Objetivos específicos	Metodología
Gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C	Radica en que las industrias no cuentan con el tiempo suficiente para realizar los mantenimientos preventivos a la maquinaria y equipo, lo cual provoca, que los departamentos de mantenimiento busquen otras alternativas para mantener la disponibilidad del equipo, por lo que es indispensable un mantenimiento basado en la confiabilidad	¿El nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos aceptables) de los departamentos de mantenimiento es determinado por Capital Humano, Procedimientos/Sistemas, Administración de Activos y Estrategias en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.?	Comprobar si el capital humano, procedimientos y sistemas, administración de activos y estrategias, determinan el nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos aceptables) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.	Comprobar si las variables de Capital Humano, Procedimientos/Sistemas, Administración de Activos y Estrategias, determinan el nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos aceptables) de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.	La metodología de la gestión del mantenimiento basado en confiabilidad es de utilidad para la industria automotriz más representativa de Baja California porque permite determinar las actividades críticas y optimizar el tiempo disponible para los trabajos preventivos, correctivos o proactivos de mantenimiento. A través de la gestión de la confiabilidad se puede lograr un control de la planeación de las actividades y de esta forma mejorar la seguridad, calidad, productividad y costos.

Fuente: Elaboración propia

La estructura de trabajo se divide en cinco apartados. En el capítulo 1 se inicia con un acercamiento a los temas de estudios para plantear las preguntas y objetivos de investigación, determinar la importancia de realizar este análisis y determinar las hipótesis a comprobar. En el capítulo 2 de esta investigación se revisan los conceptos de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento, las variables de seguridad, calidad, productividad y costos y una revisión de las teorías relacionadas con este tema. En el capítulo 3 se revisa el contexto de esta investigación y su importancia para el desarrollo económico de la región. En el capítulo 4 se desarrolla el diseño de la investigación y la propuesta de instrumento de medición a validar. En el capítulo 5 se analizan los resultados del instrumento de medición para llegar a las conclusiones en el capítulo 6.

Capítulo 2. Marco Referencia

El marco de referencia de esta investigación comienza con el análisis de mantenimiento, esto con el objetivo de empaparse en el tema central de investigación. Una vez que queda un poco más claro el concepto de mantenimiento, se continua con la definición de confiabilidad y el final dejamos el tema de gestión. Se piensa que en ese orden es un poco más claro de discernir. Para gestionar la confiabilidad de un departamento de mantenimiento, es necesario primero conocer la definición de mantenimiento, después la confiabilidad en el departamento de mantenimiento y por último el cómo gestionar la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento. Por último, se revisan las diferentes teorías y metodologías en confiabilidad en mantenimiento que existen.

2.1 Mantenimiento

Autores como García (2010) definen mantenimiento como, “el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento” (p. 1). Para otros autores como Dounce (2014) el “mantenimiento es la actividad humana que garantiza la existencia de un servicio dentro de una calidad esperada”. Este autor hace hincapié en que los esfuerzos de los departamentos de mantenimiento deben estar dedicados a lograr que el servicio que brinda la máquina esté disponible cuando se le requiera con la calidad esperada. Todo esto porque es común que los departamentos de mantenimiento se enfoquen en mantener la máquina operando, sin importar la calidad de la operación y/o el servicio que brindan (p. 25).

Anteriormente en América Latina Tavares (1999) definió el mantenimiento como, “todas las acciones necesarias para que un equipo, obra o instalación sea conservado o restaurado de

modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada” (p. 21). Por otro lado, Mora (2009) describe que el “papel de mantenimiento es incrementar la confiabilidad de los sistemas de producción al realizar actividades, tales como planeación, organización, control y ejecución de métodos de conservación de los equipos” (p. 35).

Gulati y Smith (2009) participaron en organizaciones dedicadas al estudio y la difusión de mantenimiento basado en confiabilidad, definiéndolo como, “tareas realizadas para prevenir fallas y tareas realizadas para restaurar el activo a su estado original” (p. 26). De igual manera IntegraMarkets (2017) aporta su definición de mantenimiento industrial, “como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial”. De acuerdo con las definiciones citadas con anterioridad el mantenimiento se refiere a todas las actividades que se realizan con la finalidad de conservar por un periodo de tiempo definido la función del activo (maquinaria, equipo, servicio, edificio, entre otras) en las condiciones de operación preestablecidas con la calidad deseada.

2.2 Confiabilidad

Zapata (2011) define confiabilidad como “la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función en las condiciones operativas especificadas durante un intervalo de tiempo dado” (p. 3). Además, Gulati y Smith (2009) comentan que la confiabilidad es “la probabilidad de que un elemento realice su función prevista para un intervalo específico en condiciones establecidas” (p. 26).

Algunos autores definen el término de fiabilidad y no confiabilidad por el hecho de que confiabilidad es para una persona que es confiable y fiabilidad es para un equipo que es fiable, de

esta forma afirma que existe una diferencia entre las dos palabras. Sin embargo, para esta investigación el término de confiabilidad aplicado a maquinaria es aceptable. Dounce (2014) define fiabilidad como un sinónimo de confiabilidad y hace referencia a la posibilidad de que un equipo mantenga su disponibilidad operativa dentro de su vida útil funcionando satisfactoriamente de acuerdo con el tiempo de trabajo requerido utilizado para el fin que fue diseñado (p. 136).

De acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española (2019) el significado de confiabilidad es la cualidad de confiable. Dicho de una persona o de una cosa: En la que se puede confiar. Por otro lado, la fiabilidad es la probabilidad de buen funcionamiento de algo. Por lo tanto, la mayoría de los autores de Latinoamérica utilizan el término de confiabilidad en sus investigaciones.

Dos referentes en cuanto a publicaciones del tema de confiabilidad son Meeker & Escobar (2004) que definen confiabilidad como "la probabilidad de que una unidad realice su función prevista hasta un punto especificado en el tiempo en condiciones de uso encontradas" (p. 1). Así mismo Acuña (2003) utiliza el término de confiabilidad como, "la probabilidad de que una unidad de producto se desempeñe satisfactoriamente cumpliendo con su función durante un periodo de tiempo diseñado y bajo condiciones previamente especificadas" (p.16). Tavares (1999) menciona en sus algunas de sus publicaciones que la confiabilidad "se define como la probabilidad de que un equipo, obra o instalación realice satisfactoriamente las funciones requeridas, con las condiciones especificadas y dentro de un periodo de tiempo" (p. 105). Dounce E. (2014) comenta que la confiabilidad de que una máquina funcione correctamente bajo las condiciones preestablecidas, en un tiempo determinado de operación, en un tiempo de vida útil de la máquina, considerando las especificaciones para la cual fue diseñada

la máquina (p.101). Para esta investigación se describe el término de confiabilidad como la probabilidad de que un activo (maquinaria, equipo, servicio, edificio) mantenga la función para la que fue diseñado bajo las condiciones operativas preestablecidas con la calidad deseada durante un periodo de tiempo definido.

2.3 Gestión

En este documento se emplea el término de gestión para el área específica de mantenimiento y se analiza desde varias perspectivas de diferentes autores. García (2010) hace mención en sus publicaciones que, “se entiende por gestionar tratar de optimizar los recursos que se emplean” (p.3). Por otra parte, Mora (2009) hace mención de que, “gestión se refiere al manejo de los recursos a su planeación y operación” (p. 36). En base a las definiciones anteriores, gestión se puede definir como la planeación, organización, dirección y control de los procesos, dirigidos y empleados para lograr los objetivos previamente establecidos.

Las diferentes perspectivas de la definición de gestión por autores que se dedican a la investigación en el ramo de la ingeniería de mantenimiento se conjuntan para generar una definición de gestión integral de mantenimiento.

“Gestión de mantenimiento implica crear una organización conformado por personas y recursos, dedicados a la gestión, planificación, ejecución, y supervisión, de las tareas de mantenimiento, cuyo objetivo se centra en maximizar la disponibilidad de los equipos para no interrumpir el proceso productivo, y a la vez optimizando los recursos empleados” (IntegraMarkets, 2017).

Gestión de mantenimiento se refiere todos las tareas dirigidas e implementadas para garantizar la disponibilidad operativa de los activos cumpliendo con las condiciones necesarias

de seguridad, bajo las condiciones de operación preestablecidas, con la calidad necesaria, al menor costo posible y con altos índices de eficiencia.

2.4 Confiabilidad en los departamentos de mantenimiento

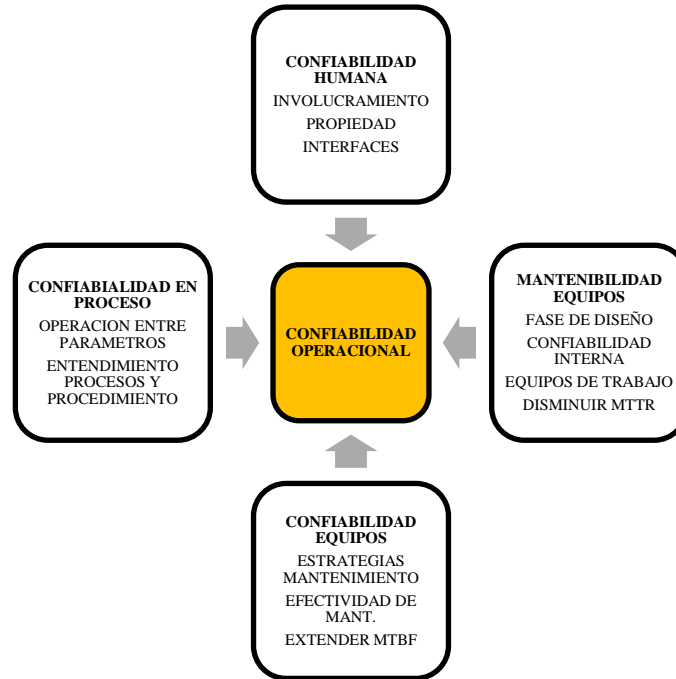
Confiabilidad tiene más relación con tema de investigación y nos va a permitir tener una visión clara de las variables que determinan la confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento. Asegurar las condiciones de seguridad, medio ambiente, calidad y productividad en la gestión de activos a través del tiempo bajo las condiciones de operación preestablecidas, dentro de los límites de diseño, son los factores que determinan el nivel de confiabilidad operacional de la producción industrial (García, 2007; Améndola, 2002; Sotuyo, 2001).

Este concepto nos ayuda a entender los factores que determinan la competitividad en la Gestión Integral del Mantenimiento a través del tiempo, lo que nos da como resultado confiabilidad operacional, sin embargo, han sido muchos los aportes que se han hecho a esta metodología. Esta metodología está evolucionando y mejorando a través del tiempo con el aporte de los diferentes autores que han dedicado su tiempo al estudio y aplicación de este tipo de gestión del mantenimiento. A continuación, se revisan brevemente los aportes a la metodología de confiabilidad operacional de los diferentes autores a través del tiempo.

Para Durán (2000), el Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO) “es un proceso de mejoramiento continuo basado en hechos, alcanzado por una armonía de implantación de herramientas y técnicas basadas en riesgo” (p.4). Es importante remarcar que para que esta metodología de los mejores resultados es necesario el trabajo en conjunto de las diferentes áreas de la industria (producción, calidad, seguridad, etc.) con el departamento de mantenimiento, todo esto para lograr la mejora continua. Como se observa en la Figura 1, Durán

(2000) define: La Confiabilidad Humana, Mantenibilidad Equipos, Confiabilidad Equipos y Confiabilidad en Procesos como las entradas que determinan la confiabilidad operacional.

Figura 1. Mejoramiento de la Confiabilidad Operacional (MCO)

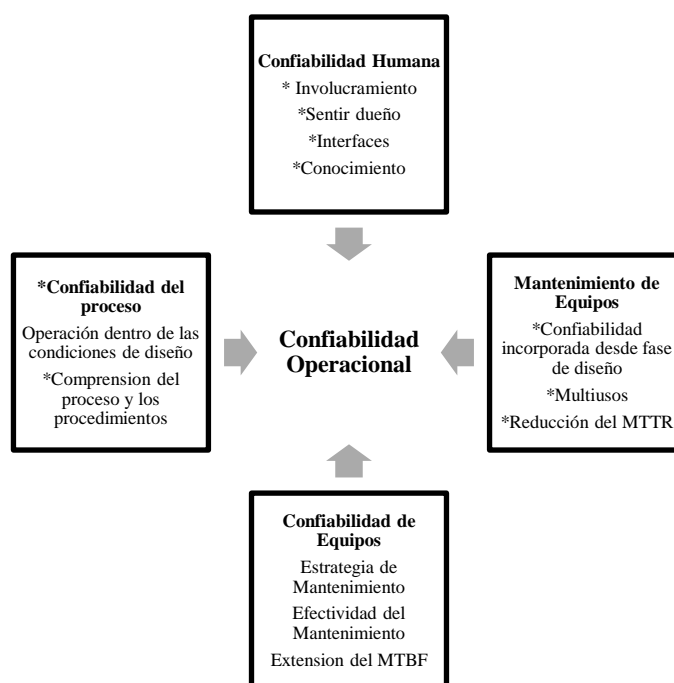


Fuente: (Durán, 2000)

Sotuyo (2001) propone que la Optimización Integral del Mantenimiento (OIM), “en función de la orientación a los negocios y el plan estratégico, un enfoque con el cual desarrollar la función mantenimiento en un marco conceptual global, integral y estructurado”. Este último integra otra variable que son los Recursos Materiales, además le da una secuencia al desarrollo e implementación de cada variable, teniendo que, primero debe definirse las Estrategias, luego los Recursos Humanos, seguidos de los Recursos Materiales y por últimos los Sistemas y Procedimientos.

Améndola (2002) está dentro de los autores que desarrollaron el tema de la Confiabilidad Operacional a nivel de implementación, ya que describe detalladamente los factores y condiciones a considerar al intentar implementar esta metodología de Gestión Integral de Mantenimiento. En la Figura 2 se muestran las variables que determinan la confiabilidad operacional de acuerdo con este autor.

Figura 2. Sistema de Confiabilidad Operacional (CO)



Fuente: (Améndola, 2002)

Describe cuatro aspectos fundamentales para la implementación exitosa de la metodología de confiabilidad operacional:

1. "Evaluación de situación en cuanto a tipo de equipos, modos de fallo relevantes, ingresos y costes, entorno organizacional, síntomas percibidos, posibles causas y toma de decisiones.
2. Diseño de ruta: para visualizar secuencia de metodologías que mejor se adapten a las

situaciones. 3. Priorización de iniciativas con el propósito de estimar el impacto potencial de cada una de ellas visualizando el valor agregado. 4. Definición de proyectos, identificando actores, nivel de conocimiento, anclas, combinación de metodologías y pericias” (Améndola, 2002, p. 7).

La definición más alineada al objetivo de esta investigación es la de García (2007), que describe la confiabilidad operacional como; *“Una serie de procesos de mejoramiento continuo, que incorpora en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, técnicas de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial”* (p. 2). En la Figura 3 se observa que la optimización integral de mantenimiento (MIO) para la confiabilidad operacional se compone de cuatro áreas vitales como lo son; La Gestión del Talento Humano, la Definición de Estrategias, los Recursos Físicos y Materiales, los Sistemas y los Procedimientos.

Figura 3. Áreas de la Optimización Integral de Mantenimiento (MIO)



Fuente: (García, 2007)

En este punto y antes de adentrarse en las variables que determinan la confiabilidad operacional en la gestión integral de activos, se explican algunos conceptos:

1. Gestión Integral de Activos. Es la planeación, organización, dirección y control de los procesos, dirigidos y empleados para lograr la competitividad organizacional; 2. Competitividad organizacional. Es cumplir con mayor eficacia y eficiencia con los objetivos de seguridad y ambiental, calidad, productividad y confiabilidad previamente establecidos; 3. Confiabilidad Operacional. La probabilidad de cumplir con el nivel de competitividad organizacional durante un periodo de tiempo definido; 4. Optimización Integral de Mantenimiento (MIO). Son las variables que determinan el nivel de confiabilidad operacional para la gestión integral de mantenimiento. Estas variables se pueden definir como la gestión del talento humano, la definición de estrategias, los recursos físicos y materiales, los sistemas y los procedimientos García (2007).

Para comprender un poco mejor el contenido de esta investigación se hace una analogía entre la gestión integral de la confiabilidad operativa de los departamentos de mantenimiento y el cuidado de la salud del cuerpo humano. Se equipará el cuerpo humano con un activo (maquinaria) de la industria automotriz. Encontramos actividades y/o acciones para evitar que el cuerpo humano enferme y por otro lado contamos con actividades y/o acciones para evitar que el activo (maquinaria) falle o deje de prestar su función, estas actividades son llamadas preventivas.

Existen análisis de sangre del cuerpo humano para determinar el estado y/o condición actual de salud y por el otro lado tenemos actividades como lo son el análisis de vibraciones, temperatura, corriente, etc. que nos permiten visualizar la condición operativa actual del activo,

estas actividades las llamamos predictivas. Si el cuerpo humano enferma o la maquinaria falla o deja de prestar su función, todas las actividades dedicadas y/o aplicadas para sanar el cuerpo humano y reparar o recobrar la función del activo las llamamos actividades correctivas. La probabilidad de que el cuerpo humano este sano o que los activos no fallen o dejen de prestar su función a través del tiempo, se denomina confiabilidad.

Otras metodologías de gestión del mantenimiento

El mantenimiento basado en confiabilidad operativa es la herramienta del mantenimiento para iniciar, dirigir y llevar a buen término el proceso de cambio en empresas cuyos administradores tengan la visión necesaria para darse cuenta de la necesidad de cambio y el valor necesario para acometerlo. Existen una gran cantidad de metodologías y estrategias para llevar a cabo el mantenimiento en la industria, sin embargo, cada metodología tiene su ventajas y oportunidades. En la Tabla 3 se muestran algunas de las metodologías que se utilizan en la industria automotriz.

Tabla 3 Metodologías de gestión del mantenimiento

Teoría	Autor	Año	Postulado	Puntos Clave
Total	Seiichi Nakajima	1950	Mantenimiento	1. Los ocho pilares
Productive	JAPAN	Sus orígenes proviene de en una empresa Japonesa llamada Nippondenso	Productivo Total es una estrategia de administración de activos que se basa en el trabajo en equipo entre los operadores	del TPM.
Maintenance (TPM)	INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE (JIPM) ”			2. Los operadores se vuelven dueños del equipo.
				3. Los operadores se encargan de

	subsidiaria de Toyota.	de la maquinaria y el departamento de mantenimiento con el objetivo de obtener cero defectos de calidad en la producción, cero paros del proceso y el diseño de un área eficiente de trabajo. (McCarthy y Rinch, 2004)	mantener el equipo en óptimas condiciones trabajando en conjunto con mantenimiento.	4. Los operadores realizan actividades como; limpieza, lubricación, revisiones diarias.
Reliability-Centered Maintenance (RCM)	Stanley Nowlan y Howard Heap de United Airlines	1978 Sus inicios son en la Industria de la Aviación Civil Norteamericana	Mantenimiento Centralizado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué actividades se deben realizar para asegurar que cualquier activo físico (equipo, maquinaria) continúe realizando el trabajo que el operador requiere bajo las condiciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estrategia de mantenimiento para optimizar los mantenimientos preventivos. 2. La norma SAE JA 1011 establece un criterio de evaluación para determinar RCM.

		operativas presentes. (Moubray, 1997)	
Maintenance and Reliability Best practices	(Gulati y Smith, 2009 2009) Certified Maintenance & Reliability Professional	Mejores prácticas de confiabilidad y mantenimiento es implementar el mejor proceso, función o estrategia conocida para asegurar que el equipo esté disponible cuando se requiere a un costo aceptable. (Gulati & Smith, 2009)	<ol style="list-style-type: none"> 1. No están definidas las mejores prácticas, una guía para esto es el ISO 55000. 2. No hay un método de cuantificar el nivel de confiabilidad de esta teoría. 3. Puntos clave de esta teoría: <ul style="list-style-type: none"> • Conocimiento en las mejores prácticas. • Motivación para adaptarse al cambio. • Conocimiento y habilidades para implementar las mejores prácticas.

Fuente: Elaboración propia

Una buena metodología de gestión del mantenimiento debe considerar dos áreas de trabajo, la parte operativa y la parte de planeación. Una buena gestión de activos en una organización debe involucrar a los empleados y a los gerentes en la implementación de la planeación, control de actividades (Ejemplo, políticas, procesos o monitoreo de trabajos) y monitoreo de actividades para explotar las oportunidades y reducir el riesgo a nivel aceptable (ISO 55000:2014(E), 2014).

Es muy común ver como los gerentes de las áreas de mantenimiento se sumergen en la parte operativa del mantenimiento buscando continuar con la operación diaria descuidando la planeación del mantenimiento. La mayoría de las metodologías y estrategias de mantenimiento se enfocan en la mantener la operación de los activos desde sus diferentes perspectivas, por ejemplo, TPM que se enfoca en las tareas que se realizan a los equipos por parte de los operarios y también de las tareas de mantenimiento, buscando el trabajo en equipo de las diferentes áreas que interactúan con los activos, o de igual forma tenemos el RCM que se enfoca en buscar las tareas adecuadas en el tiempo adecuado para logran mantener los activos en óptimas condiciones y disponibles cuando se les requiera.

Sin embargo, existe más en los departamentos de mantenimiento que solo definir las mejores tareas de mantenimiento para los activos, o evaluar las tareas que corresponden a los operarios y a mantenimiento, o implementar las mejores prácticas existentes en la industria, instalar maquinaria redundante, o tener un buen sistema de administración del mantenimiento computarizado (CMMS por sus siglas en inglés), todas estas estrategias se enfocan en la operación diaria del equipo.

La gestión del mantenimiento basado en confiabilidad engloba la gestión táctica y estratégica del mantenimiento. De acuerdo con Mora (2009) existen cuatro niveles kantianos de mantenimiento: 1. Nivel instrumental, que se enfoca en actividades a plazo inmediato y es el nivel más bajo jerárquicamente; 2. Nivel operacional, su gestión está dirigida a actividades a corto plazo; 3. Nivel táctico, se enfoca en actividades a mediano plazo y se encuentra en un nivel medio de jerarquía; 4. Nivel estratégico, es el nivel más alto de mando en cuanto a jerarquía y su enfoque es el la planeación a largo plazo (p. 467). La gestión de mantenimiento basado en confiabilidad está dirigida al nivel estratégico del grupo y tiene como objetivo mejorar la planeación de los objetivos a mediano y largo plazo.

Como se revisó anteriormente diferentes autores mencionan que asegurar las condiciones de seguridad, calidad, productividad y costos en la gestión de activos a través del tiempo bajo las condiciones de operación preestablecidas, dentro de los límites de diseño, son los factores que determinar el nivel de confiabilidad operacional de la producción industrial (García, 2007; Améndola, 2002; Sotuyo, 2001). De acuerdo con la teoría revisada y la experiencia que se tiene en la gestión de los departamentos de mantenimiento se llegó a la conclusión de que los factores que determinan el nivel de confiabilidad en los departamentos de mantenimiento son la Seguridad, Calidad, Productividad y Costos. Estos factores son un indicativo del grado de confiabilidad con el que cuenta el departamento de mantenimiento en determinado momento. Por este motivo se revisarán a detalle sus definiciones. En la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. el factor más importante es la seguridad, de sus empleados y de sus clientes, seguido de la calidad de sus productos, la productividad y por ultimo los costos. Por este motivo se sigue este orden en la revisión de la teoría.

2.5 Seguridad

En la Ley Federal del trabajo en el Artículo 475 Bis se declara que el patrón tiene total responsabilidad de la seguridad e higiene y de la prevención de los riesgos en el trabajo, de acuerdo con lo que la misma ley dispone con sus reglamentos y normas oficiales mexicanas aplicables. Sin embargo, también aclara que los trabajadores tienen obligaciones, tales como: Observar las medidas preventivas de seguridad e higiene que establecen los reglamentos de las normas oficiales mexicanas y las que determinen los patrones para la prevención de los riesgos del trabajo (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2015).

De acuerdo con Secretaria del trabajo y prevensión social, (1999) la NOM-004 tiene como objetivo establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de proteccion y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores de los riesgos de trabajo que se generen de la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo. Esta norma aplica en todo el territorio nacional y es obligatoria para todos los centros de trabajo que emplean maquinaria y equipo.

Trujillo (2011) menciona que la seguridad ocupacional, la higiene y las técnicas para su ejecución procuran la protección y el control de los riegos que afectan al trabajador, de esto se obtienen condiciones de seguridad optimas.

En la NOM-004 se establecen un programa específico de seguridad para la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo, el cual debe contener los procedimientos para que:

1. Las guardas (protectores) y dispositivos de seguridad estén disponibles para utilizarse durante la operación y que estén ubicados en el lugar adecuado.
2. El área de trabajo se mantenga limpia y ordenada.

3. El equipo y maquinaria estén diseñados y probados para prevenir el riesgo.
4. Las conexiones eléctricas y contactos del equipo y la maquinaria tengan protección y que no generen un factor de riesgo.
5. El herramental, el uso y cambio de la herramienta se efectuó de manera segura.
6. La operación y el desarrollo de actividades se realice de manera segura.
7. El sistema de entrega y retiro de materia prima, subproducto y producto terminado no generen un factor de riesgo.

En el tiempo de experiencia adquirido trabajando en el departamento de mantenimiento, es fácil darse cuenta de que lo que un grupo de mantenimiento de la industria automotriz busca en cuanto a seguridad es tener el menor número posible de accidentes laborales, el ideal es cero. Gallegos (2012) describe que los accidentes laborales son los acontecimientos no deseados lesivos o mortales que ocurren durante la jornada de trabajo, tienen la característica de ser violentos y repentinos, pero también son prevenibles. Por otra parte, el riesgo laboral se define como la probabilidad de que se susciten lesiones a las personas, daños al medio ambiente o pérdidas en los procesos y equipo dentro del trabajo. Cabe mencionar que los accidentes son evitables con las contramedidas adecuadas pero el riesgo solo se puede minimizar o neutralizar a través de controles administrativos como capacitaciones y señalizaciones que ayudan a prevenir que el riesgo se derive en accidente.

2.6 Calidad

De acuerdo con Tomasson & Wallin (2013), alta calidad es crítica para mantener la ventaja competitiva. Ventaja competitiva es un término que se utiliza con frecuencia en la industria en general y en algunas ocasiones lo utilizan para referirse al nivel de éxito que tienen

las empresas. En otro plano, Senge (2010) afirma que las empresas con mayor rapidez de aprendizaje que los competidores quizá sea la única ventaja competitiva sostenible. De estos dos enunciados podemos recuperar que para que exista una ventaja competitiva es necesario aprender con rapidez y tener una alta calidad del producto.

Es un hecho que la calidad comienza con la mentalidad y actitud de los líderes, pues de ellos depende que se genera una cultura en la organización, Ruiz, (2020) comenta que la educación y el entrenamiento de los directivos de las organizaciones debe ser prioridad. El problema es que históricamente de acuerdo con Tomasson & Wallin, (2013), las compañías asocian el término de alta calidad con altos costos, sin embargo, el término de el Costo de una pobre calidad (CoPQ) ha tomado valor en las organizaciones. El término CoPQ se define como el total de pérdidas generadas por que los procesos y productos de la compañía no sean perfectos.

Invertir en calidad, tiene un retorno de inversión, aunque no lo parezca. Mejorar la calidad del producto conlleva una reducción de costos, porque se reduce el desperdicio, el desgaste y problemas legales, que al mismo tiempo provocan el incremento en la lealtad del cliente (Ruiz, 2020). La calidad se hace en cada uno de los procesos de forma proactiva, por otro lado, calidad al final del producto de una manera correctiva. Lo ideal sería que en cada uno de los procesos del producto se haga calidad para que al final no sea necesario hacer retrabajos mayores que nos generen desperdicios.

Al final, calidad es cumplir completa y perfectamente con los requerimientos del cliente. La mejora continua en calidad se debe llevar en cada uno de los procesos del producto, porque en la cadena de suministro del producto, el proceso siguiente es nuestro cliente interno. La

perspectiva debería ser entregar calidad a nuestro siguiente proceso y el último proceso entregar calidad al cliente final (cliente externo a la organización).

2.7 Productividad

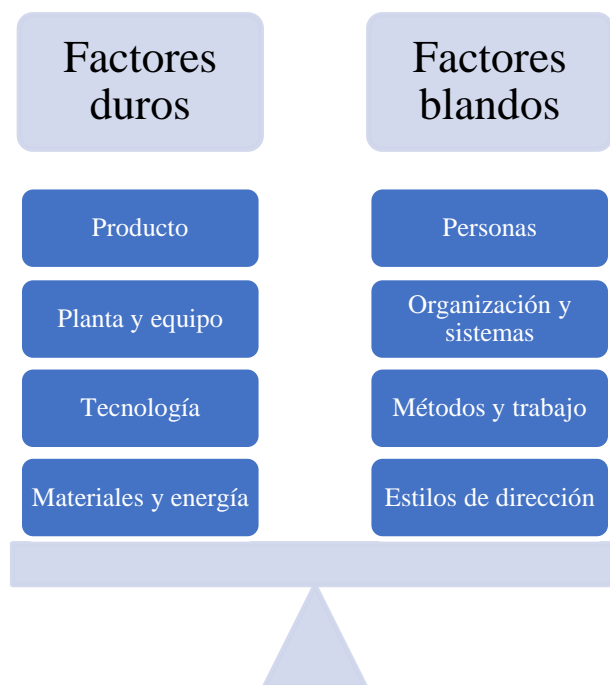
Para Prokopenko (1989) la productividad se define de acuerdo de la perspectiva que se esté evaluando, es decir, se puede definir productividad en base a los objetivos como la medida en que se alcanzan, por otro lado, también se explica desde la perspectiva de la eficiencia como el grado de eficacia con que se utilizan los recursos para crear un producto útil. La eficacia productiva es el resultado logrado en comparación con el resultado posible y por último la comparabilidad de la productividad es la forma de registro del desempeño de la productividad a lo largo del tiempo. Los factores que definen la productividad están divididos en dos grandes grupos: Los factores internos (controlables) y los factores externos (no controlables) (p. 6, 9).

Aquilla, (2020) describe la productividad en términos de la diferencia que existe entre las metas alcanzadas y las metas planeadas con respecto al tiempo transcurrido en lograrlas. Resalta de igual forma la importancia del aumento de la productividad al utilizar los mismo insumos o menores recursos y producir la misma cantidad. El análisis, las operaciones obligatorias y comprobaciones son procesos necesarios para la eficiencia y operatividad en el mantenimiento automotriz, con el fin de disminuir al máximo los tiempos de reparación (p. 3).

Productividad no se define como producir en gran cantidad o mayor producto en menor tiempo, de acuerdo con Cobos & Morales (2018) citado de Lefcovich (2009), productividad es la utilización eficiente de los recursos para alcanzar una meta establecida de producción. En la Figura 4 se observan los factores duros y blandos que determinan la productividad. Dentro de los factores que determinan la productividad encontramos: la calidad y disponibilidad del recurso, la

escala de las operaciones, la utilización de la capacidad, la capacidad de las maquinarias principales, la capacidad y motivación de los trabajadores y la actuación de los administradores.

Figura 4. Factores internos de la productividad



Fuente: (Prokopenko, 1989) adaptado de S. K. Mukherjee y D. Singh, 1975, pág. 83.

Tomando en consideración que lo que se puede medir se puede controlar o mejorar, el enfoque en la medición de la productividad está en los factores internos. Los factores internos de la productividad se dividen a su vez en duros (difícil de cambiar) y blandos (fácil de cambiar) como se observa en la figura 10. Haciendo una revisión de lo descrito por Fontalvo, Granadillo y Morelos (2017) podemos deducir que es una realidad que los factores externos como la fluctuación del mercado son los que determinan el alcance de los resultados y afectan directamente la estructura de gestión de la empresa, razón por la cual no podemos descartarlos, sin embargo, para esta investigación nuestro factor a desarrollar es el interno (p. 49).

2.8 Costos

El mantenimiento no es un valor agregado al producto por lo que DEAC, PÂRVU , BÂGU y CÂRSTEA (2010) opinan que la actividad de mantenimiento es una necesidad que producción sufre y que financieramente, se considera demasiado caro. Normalmente existen conflictos entre producción y el departamento de mantenimiento para establecer con claridad un presupuesto destinado a actividades preventivas de mantenimiento. Con el propósito de reducir los costos actuales totales, algunas industrias optan por recortar al máximo los presupuestos dirigidos a las actividades de mantenimiento preventivo. Como resultado, estas políticas generan un incremento en las actividades correctivas de mantenimiento, causadas por el incremento en la frecuencia de fallas mayores no planeadas, el costo de actividades correctivas de mantenimiento incrementa. Al final esto se vuelve un círculo vicioso del cual es muy difícil salir y que no beneficia a la industria (p. 133).

El presupuesto de mantenimiento.

De acuerdo con Ros (2010) el presupuesto de mantenimiento son programas de inversión y gastos necesarios para asegurar la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos para un periodo determinado de tiempo (p. 124). La planificación del presupuesto de mantenimiento debe estar alineada con los objetivos de la empresa, normalmente estos objetivos están fijados a mediano plazo (1-3 años). Como lo muestra la Figura 5, después de realizar el presupuesto anual normalmente se lleva un control mensual desde la parte táctica y operativa del grupo de mantenimiento.

Figura 5. Proceso de planificación en mantenimiento



Fuente: (González, 2005, p. 394)

Anónimo (2004) describe que para realizar un buen presupuesto de mantenimiento es necesario conocer previamente el programa anual de producción y posteriormente agruparlo por categorías (p. 49):

- Mantenimiento ordinario; mantenimiento correctivo y preventivo-predictivo
- Mantenimiento extraordinario; grandes reparaciones, paradas programadas, mejores prácticas.

Algunas partidas importantes a considerar en el presupuesto son; mano de obra, materiales, herramientas y medios técnicos y servicios contratados. Ros (2010) menciona que, existen algunas técnicas para elaborar presupuestos, dentro de las cuales destacan las siguiente:

1. Técnica informal. Se basa en gastar el mínimo monto o mayor que el periodo pasado.
2. Técnica adaptable. No toma como referencia el periodo anterior y se ajusta a las modificaciones periódicas.

3. Presupuestos formales. Basada en el análisis de tipos de costos y gestión de mantenimiento. Toma mucho tiempo de planificación.
4. Presupuesto base cero. Está enfocada en reducir al máximo los gastos generales. Es necesario clasificar los conjuntos de decisión (p. 125).

Los costos de mantenimiento.

Mora (2009) clasifica los costos de mantenimiento en cuatro categorías:

- Costos fijos. La gerencia de mantenimiento hace su planeación del presupuesto para un periodo de tiempo definido en base a estos costos fijos ya que son las acciones planeadas de mantenimiento. Este tipo de reparaciones se conocen como preventivas o proactivas e involucran gastos de mano de obra (interna o externa), insumos, partes de repuesto, herramienta especial, entre otros gastos planificados.

- Costos variables. Estos costos se generan cuando ocurren fallas en la maquinaria o reparaciones no planeadas. Este tipo de reparaciones se conocen como correctivas. Para este tipo de reparaciones se requiere de gastos en mano de obra, partes de repuesto, herramienta, entre otros que se utilicen para hacer la reparación o modificación del equipo.

- Costos financieros. Son todos aquellos costos que se generan por almacenar partes de repuesto, insumos (trapos, lubricantes, herramienta, etc.), maquinaria redundante.

- Costos de la no disponibilidad por fallas. Este costo es probablemente el más relevante de todos, pero normalmente es al que menos atención le presta la empresa. Este costo es el que se genera cuando la maquinaria no está disponible por falla y es requerida por producción. Cabe mencionar que este costo se genera por actividades correctivas, es decir, no planeadas. Para

realizar un cálculo real de este tipo de costos es importante conocer el costo de la producción en tiempo o el costo de paro por minuto. El cálculo de la estimación del costo por falla es el siguiente (p. 468):

Costo de la no disponibilidad de Ecuación 1.

Estimación del costo por fallasla maquinaria

$$= \text{costo de paro por minuto} * \text{tiempo de paro de la maquinaria}$$

Una vez que se revisaron las definiciones de los factores que determinan el nivel de confiabilidad en los departamentos de mantenimiento, se prosigue con la investigación de las variables independientes que determinan la variable dependiente. Como se especificó unos párrafos atrás, esta investigación se basa en la propuesta de García (2007), que describe en su investigación que la optimización integral de mantenimiento (MIO) para la confiabilidad operacional se compone de cuatro áreas vitales como los son; La Gestión del Talento Humano, la Definición de Estrategias, los Recursos Físicos y Materiales, los Sistemas y los Procedimientos.

Para esta investigación, de acuerdo con la teoría revisada y la experiencia que se tiene en el tema de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento, se determinaron como variable dependiente, la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento y las variables independientes como; capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias. A continuación, se hace un análisis de la definición de cada una de las variables independientes.

2.9 Capital Humano

De acuerdo con Prokopenko (1989) uno de los factores internos que determinan la productividad de una empresa son las personas. De aquí la importancia de mantener al personal de mantenimiento motivado, con un sentido de pertenencia alto, capacitado, informado, con las mejores condiciones para trabajar de forma segura y con oportunidades de desarrollo profesional. El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia (2010) opina que en muchas ocasiones para los inversionistas es más importante el equipo de trabajo que el proyecto mismo en el que se está trabajando. Es importante remarcar que para un grupo de trabajo sea productivo y competitivo se tienen que cumplir diferentes factores que van a determinar el nivel de compromiso y motivación del equipo.

Castillo (2012) menciona que “la gestión del capital humano en la organización empieza desde la contratación de los trabajadores, su integración al sistema y al ambiente laboral, su capacitación y su promoción e incentivación hacia mejores niveles en la organización” (p. 13). Para esta investigación se pretende lograr el máximo nivel de confiabilidad humana a través de la implementación de estrategias que ayuden a la organización, que de acuerdo con Negrón et al. (2018) es la variable independiente que contribuye directamente al grado de satisfacción en el trabajo y al aumento en la productividad del trabajo. Sexto (2007) define la confiabilidad humana como la predicción y número de errores humanos que suceden en un determinado periodo de tiempo bajo condiciones específicas de trabajo.

García O. (2013) describe que la confiabilidad humana está formada por diferentes elementos personales que optimizan los conocimientos, habilidades, destrezas y aptitudes con el propósito de generar capital humano confiable. Estos elementos se definen como capacitación,

motivación, comunicación, pertenencia, ergonomía y desarrollo. Cabe mencionar que estos elementos deben estar acompañados de diferentes estrategias, políticas y mecanismos que complementan el desarrollo del capital humano.

Capacitación

Ventaja competitiva es un término que se utiliza con frecuencia en la industria en general y en algunas ocasiones lo utilizan para referirse al nivel de éxito que tienen las empresas. En otro plano, Senge (2010) afirma que las empresas con mayor rapidez de aprendizaje que los competidores quizá sea la única ventaja competitiva sostenible. De estos dos enunciados podemos recuperar que para que exista una ventaja competitiva es necesario aprender con rapidez y tener una alta calidad del producto. Ruiz (2020) comenta que la educación y el entrenamiento de los directivos de las organizaciones debe ser prioridad, pero no solo para los directivos sino para cada uno de los miembros del equipo de mantenimiento, desde la parte operativa, pasando por la táctica y hasta la parte estratégica de la organización.

Motivación

Como la zanahoria para el conejo, es importante mantener a los empleados motivados a través de las recompensas por lograr los objetivos. Lencioni (2003) menciona que para el mejor rendimiento es importante que el equipo este alineado y comprometidos con el logro de los objetivos organizacionales. Una manera eficiente de generar compromiso es asignar metas personales a los colaboradores, como mejoras, presentaciones, etc., que afecten directamente al desarrollo del empleado. Srinivasan y Kurey (2014) llama a esta estrategia: “Presión social positiva para motivar a los empleados a generar iniciativas de calidad”.

Comunicación

La comunicación de acuerdo con Fonseca, Correa, Pineda y Lemus (2011) sucede cuando hay intercambio de ideas entre dos o varios sujetos (p. 3). Dentro de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. la comunicación es para recibir información de las actividades a realizar, retroalimentación del desempeño, horarios y/o turnos laborales, información relacionada con el desempeño del grupo, entre otros.

Normalmente los medios de comunicación que se utilizan son: Personal (cara a cara), juntas de comunicación y algunos medios audiovisuales como el Whatsapp.

Pertenencia

El sentido de pertenencia de acuerdo con Robles, Alviter, y Martínez (2020) citado de Castro-Almeida (2008) se puede abordar desde la identidad, como la imagen de la empresa hacia la sociedad, alta percepción de la participación de cada miembro del equipo y la visualización dentro de la empresa a futuro. El sentido de pertenencia varía con respecto al tiempo y es algo que se tiene que estar reforzando constantemente. Las empresas que logran un sentido de pertenencia alto por parte de sus empleados pueden llegar a lograr una cultura organizacional.

Ergonomía

Para esta investigación se considera el término de ergonomía como todos aquellos aspectos de seguridad que el trabajador debe tener para realizar su trabajo. De acuerdo con la Secretaría del trabajo y prevención social (1999) de la NOM-004 un riesgo potencial es la probabilidad de que al trabajador tenga una lesión o lesiones a causa de maquinaria y/o equipo. La organización se debe preocupar y ocupar porque las actividades del grupo de mantenimiento

sean seguras estableciendo las condiciones, los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger al trabajador.

Desarrollo

Para esta investigación se aborda el tema de desarrollo desde una perspectiva de competencias. Castillo (2012) define el desarrollo de competencias como la suma de actividades enfocadas en la mejora del desempeño de las tareas asignadas. La rotación del puesto, asignación de nuevos proyectos, asignación como asistente de un nivel más alto en cuanto a jerarquía o los paneles de gerentes para entrenamientos, son algunos ejemplos de desarrollo de competencias dentro de la organización. Sin embargo, también existen algunos ejemplos de desarrollo fuera de la organización, como lo son: cursos formales, capacitación en línea, seminarios externos o actividades fuera del ámbito laboral como seminarios o retiros. Un plan de carrera o de sucesión es un documento donde se plasma los posibles candidatos para ocupar puestos dentro de la organización. No tienen fechas predeterminadas, pero si las posiciones organizacionales y los posibles candidatos a ocuparlas. A través del plan de carrera se pueden definir las áreas de oportunidad de cada empleado, lo que permite una evolución adecuada de las capacidades (p. 77-85).

2.10 Sistemas y Procedimientos

Para García O. (2007) el sistema que permite administrar el departamento de mantenimiento con una perspectiva hacia los procesos se puede definir como sistemas y procedimientos. Es decir, alinear los objetivos del departamento con los indicadores de los procesos. Su principal función es la de monitoreo del desempeño. Para uptime (2018) la información de los activos, los costos de mantenimiento o reparación y el monitoreo de los

procesos son vitales para la toma de decisiones acertadas. Algunas industrias que están incursionando en el mundo de la digitalización también están evolucionando de la visualización de los datos en tableros digitales, datos en la internet industrial de las cosas (Por sus siglas en ingles Industrial Internet of Things - IIoT) basados en la nube, entre otros métodos de visualización.

Los KPI (Indicador clave del desempeño por sus siglas en inglés) son un ejemplo de los datos que se pueden digitalizar para tener una visualización en tiempo real del desempeño de los equipos. Hernández (como se citó en Galar, Berges y Royo, 2010) señala que los KPI son indicadores numéricos que brindan información de los factores críticos que se visualizan en la organización, los procesos y la gente con respecto a las expectativas y percepción de los clientes en termino de costos, calidad y tiempo muerto. Los indicadores deben ser claros, cortos y calculables. Por otro lado, Fernández y Shkiliova, (2012) describen que para analizar el desempeño y logro de los objetivos planteados, se necesita de los indicadores, ya que a través de ellos se facilita identificar problemas sobre los que es prioridad trabajar para lograr una alta eficiencia y eficacia.

De acuerdo con Galar, Berges, Lambán y Tormos (2014) los indicadores más comunes de mantenimiento son tres; los RAMS (Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad y Seguridad por sus siglas en ingles), los costos y el capital humano. A continuación, en la Tabla 4 se muestran las definiciones de los temas que determinan la variable sistemas y procedimientos: Presupuestos, normatividad (KPI), Sistemas (CMMS) y procedimientos estandarizados.

Tabla 4. Sistemas y procedimientos

Autor	Año	Variable	Definición
Ros	2010	Presupuestos	De acuerdo con Ros (2010) el presupuesto de mantenimiento son programas de inversión y gastos necesarios para asegurar la mantenibilidad, disponibilidad y confiabilidad de los equipos para un periodo determinado de tiempo (p. 124).
Galar et. al	2010	Normatividad-KPI (indicadores)	Los KPI son indicadores numéricos que brindan información de los factores críticos que se visualizan en la organización, los procesos y la gente con respecto a las expectativas y percepción de los clientes en termino de costos, calidad y tiempo muerto.
Thomas y O’Hanlon	2017	Sistemas (CMMS)	El sistema computarizado de gestión del mantenimiento (por sus siglas en ingles CMMS) es un software para administrar el mantenimiento. “Facilitador clave de mejores prácticas, permitiendo controlar el proceso de gestión del trabajo mientras provee una manera efectiva de iniciar, planear y programar grandes volúmenes de trabajo” (Thomas y O’Hanlon, 2017).
ISO 55000:2014(E)	2014	Procedimientos estandarizados	Documento informativo que requiere ser controlado y mantenido por la organización. Puede referirse al sistema administrativo, documentos relacionados a los procesos, como operar los procesos y evidencia de resultados alcanzados (KPI, historial, etc.)

Fuente: Elaboración propia

2.11 Administración de Activos

De acuerdo con Mora (2009) la administración de activos se puede abordar desde una perspectiva de sistema de administración de mantenimiento, donde todos los departamentos de la organización trabajan a la par para lograr mejorar los activos con información en tiempo real de la condición del activo (p. 50). Baldarrago, Navarro, Paz y Alfaro (2018) opinan que el

mantenimiento industrial tiene la función de contribuir con la disponibilidad operativa de los activos a base de estrategias y actividades de mantenimiento, a un bajo costo, con seguridad, productividad y cuidando el medioambiente. Algunas de estas estrategias y actividades se pueden enlistar como: Mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo, entre otros. García (2007) agrega que la administración de activos incluye la definición de las máquinas (torno, fresadora, taladro de banco, entre otros) y herramientas a utilizar, adquirir las partes de repuesto que sean necesarias y determinar los índices de reemplazo de los repuestos clave. En la Tabla 5 se enlistan y describen algunos conceptos que en su conjunto definen la variable administración de activos.

Tabla 5. Administración de activos

Autor	Año	Variable	Definición
Reliabilityweb.com	2021	Sistemas y/o equipos redundantes	Un equipo o sistema redundante, es un sistema o equipo que permanece sin función (stand by) hasta que el equipo o sistema primario falla, esto con la finalidad de garantizar la operación normal del proceso (Reliabilityweb.com, 2021).
Maya	2018	Mantenimiento preventivo	“Consiste en inspeccionar, limpiar y reemplazar piezas con una periodicidad establecida con anterioridad, con el fin de evitar averías esporádicas o inesperadas” (Maya, 2018).
López y Salazar	2020	Mantenimiento correctivo	“Consiste en identificar y corregir un problema o falla; recuperando su disponibilidad de forma inmediata y al menor costo posible” (López y Salazar, 2020).
Selcuk	2017	Mantenimiento predictivo	Actividad que se enfoca principalmente en la prevención de daño o avería en los equipos

			mediante la detección de primeros signos de falla (Selcuk, 2017).
Hu, Boylan, Chen y Labib	2018	Partes de repuesto (Spare part por sus siglas en inglés)	Partes de repuesto son todos aquellos artículos que se tienen en inventario común y son necesarios para mantener el equipo (Hu, Boylan, Chen y Labib, 2018).
Ingeniería Mecafenix	2018	Herramienta de trabajo	<p>Instrumentos que tienen la finalidad de facilitar las tareas a realizar. A grandes rasgos existen tres tipos de herramientas:</p> <p>Herramientas manuales que se definen como “utensilios de trabajo utilizados generalmente de forma individual que únicamente requieren para su accionamiento la fuerza motriz humana” (INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO , 2021).</p> <p>Herramientas semiautomáticas son aquellas donde intervine una energía (eléctrica, neumática, etc.) para realizar movimientos repetitivos a través de un mecanismo.</p> <p>Herramientas automáticas se conocen también como máquinas y herramientas, son instrumentos muy complejos que se componen por muchos mecanismos que se mueven por la aplicación de energía, por ejemplo, una maquina CNC.</p>

Fuente: Elaboración propia

2.12 Definición de Estrategias

Estrategia de acuerdo con Dounce (2014) tiene la función de lograr objetivos a futuro a través de actividades o acciones que se realizan en el presente (p. 31). Alineado con Viveros et al. (2013) que menciona que las estrategias de mantenimiento deben estar de acorde con los planes de negocio de la empresa, de esta forma se puede asegurar que se logren los objetivos de

mantenimiento. Baldarrago et al. (2018) comenta que las estrategias de mantenimiento es la suma de actividades que se destinan a la identificación y procesamiento de información para posteriormente analizarla y con ella desarrollar e implementar una adecuada gestión de mantenimiento. En conclusión, la estrategia responde la pregunta del “cómo” se lograrán los objetivos, hacia “dónde” direccionan los esfuerzos (actividades y recursos) y define el plan de la organización para el logro de estos.

Maya (2018) demuestra a través de su estudio que la estrategia de TPM (Mantenimiento Productivo Total) complementada con la metodología de RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad por sus siglas en inglés) son necesarias para lograr una gestión completa de mantenimiento (p. 75). Por otra parte, Pérez (2015) describe que el uso de estrategias que se han aplicado en una cantidad considerable de organizaciones exitosamente permite mejorar el desempeño global, la optimización de costos, reducción de riesgo, mejor imagen, disminuir el impacto ambiental y fortalecer los resultados del negocio. Ha estas estrategias implementadas con éxito en otras organizaciones las llamamos mejores prácticas. En la Tabla 6 se muestra la definición de TPM, RCM y mejores prácticas.

Tabla 6. Definición de estrategias

Autor	Año	Variable	Definición
McCarthy y Rinch	2004	TPM	Mantenimiento Productivo Total es una estrategia de administración de activos que se basa en el trabajo en equipo entre los operadores de la maquinaria y el departamento de mantenimiento con el objetivo de obtener cero defectos de calidad en la producción, cero paros del proceso y el diseño de un área eficiente de trabajo.
Moubray	1997	RCM	Mantenimiento Centralizado en Confiabilidad es un proceso utilizado para determinar qué actividades se deben realizar para

			asegurar que cualquier activo físico (equipo, maquinaria) continúe realizando el trabajo que el operador requiere bajo las condiciones operativas presentes.
Gulati	y	2009	Mejores practicas
Smith			Mejores prácticas de confiabilidad y mantenimiento es implementar el mejor proceso, función o estrategia conocida para asegurar que el equipo esté disponible cuando se requiere a un costo aceptable.

Fuente: Elaboración propia

A lo largo del capítulo 2 se revisaron las definiciones y teorías de la gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento. En base a esta información revisada se puede llegar a la conclusión de que confiabilidad en los departamentos de mantenimiento se define como la probabilidad de que un activo (maquinaria, equipo, servicio, edificio) mantenga la función para la que fue diseñado bajo las condiciones operativas preestablecidas con la calidad deseada durante un periodo de tiempo definido. Gestión de mantenimiento se refiere todos las tareas dirigidas e implementadas para garantizar la disponibilidad operativa de los activos cumpliendo con las condiciones necesarias de seguridad, bajo las condiciones de operación preestablecidas, con la calidad necesaria, al menor costo posible y con altos índices de eficiencia.

La teoría que más se acerca a nuestro tema de investigación es la de García (2007) que menciona que la confiabilidad operacional se compone de cuatro áreas vitales como los son; La Gestión del Talento Humano, la Definición de Estrategias, los Recursos Físicos y Materiales, los Sistemas y los Procedimientos. Sin embargo, tomando como referencia esta teoría y la experiencia propia, se tomó la decisión de ajustar un poco estas variables, para esta investigación se propone que las variables que determinan de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento son; capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y

definición de estrategias. A través de esta investigación va a ser posible validar si las variables independientes propuestas realmente determinan el nivel de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento, el cual está determinado por la seguridad, calidad, productividad y costos.

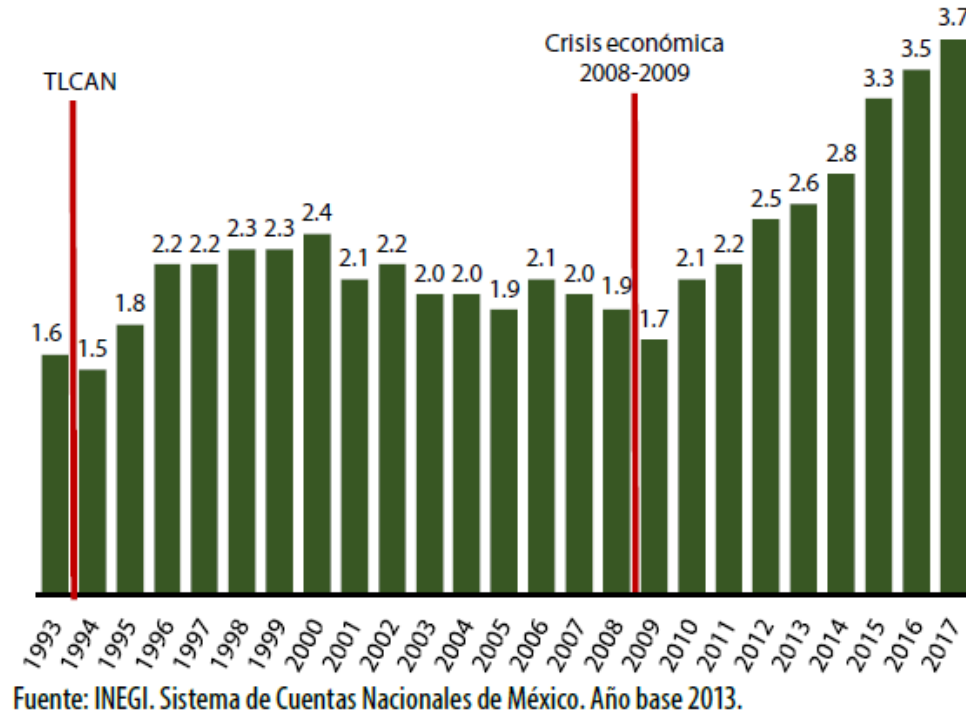
Capítulo 3. Marco contextual

En base a la experiencia que se tiene en el ramo de la industria automotriz, cuando hay un aumento grande en la demanda del producto, se evalúan dos opciones; la primera opción es expandirse y la segunda aumentar los turnos productivos. Las dos generan un impacto positivo en la economía, ya que esto equivale a generación de empleos. A lo largo de este capítulo se revisará el comportamiento de la industria automotriz en el país en los últimos años y cual a sido el impacto en la economía.

La industria automotriz tiene relevancia en el desarrollo de la economía, principalmente en el país y el estado. Podemos validarlo con la Figura 6 donde se muestra una gráfica del comportamiento del PIB (Producto Interno Bruto) de la industria automotriz con respecto al PIB del país, se puede observar el crecimiento positivo a partir del 2008 y hasta el 2017, el PIB de la industria automotriz creció más del doble en ocho años (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

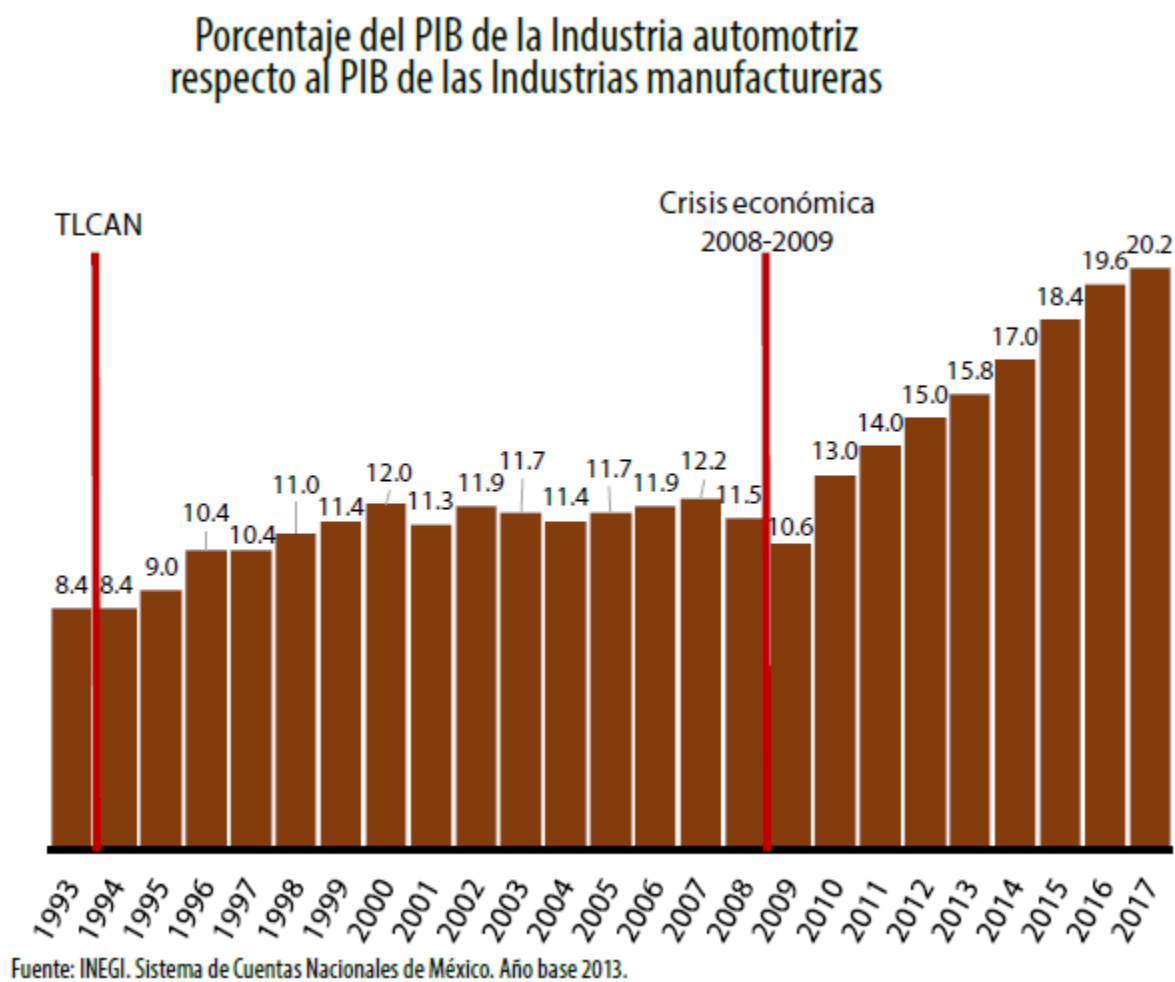
Figura 6. Grafica del PIB de la industria metal mecánica respecto al PIB nacional

Porcentaje del PIB de la Industria automotriz respecto al PIB nacional



La parte positiva de este crecimiento exponencial del 1.7% al 3.7% del PIB de la industria automotriz respecto al PIB nacional es que se está impulsando la economía del país, el problema es que la industria automotriz está desplazando a otras industrias manufactureras, como lo podemos apreciar en la Figura 7, donde paso de un 10.6% al 20.2% del PIB de la industria automotriz con respecto a la industria manufacturera. A futuro podría causar un problema de diversificación porque seccionaría al país en una situación donde su principal fuente de crecimiento del PIB es la industria metal mecánica. La importancia de esta investigación es que la industria metal mecánica es de gran importancia para el crecimiento de la economía del País (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

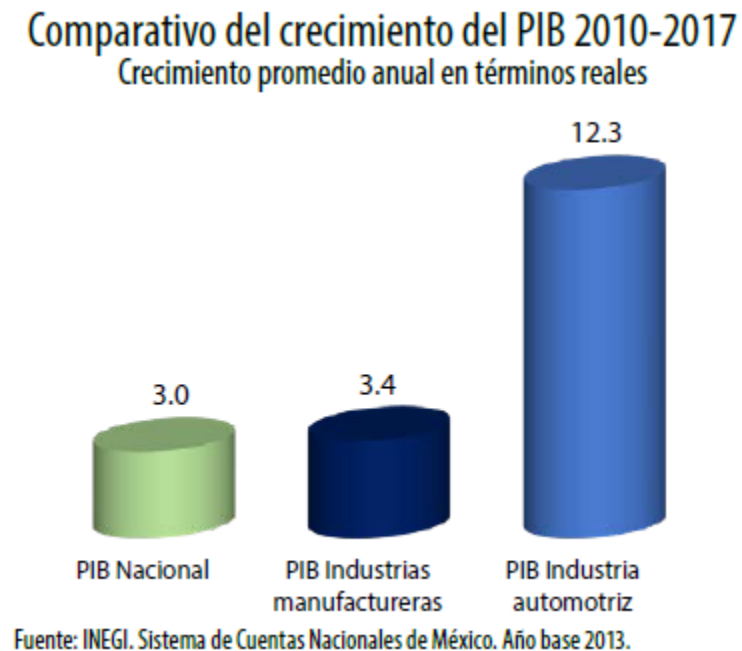
Figura 7. Porcentaje del PIB de la industria metal mecánica respecto al PIB de las industrias manufactureras



En la Figura 7 se observa relevancia que tiene la industria automotriz con un 20.2% del PIB total con respecto a la industria manufacturera al año 2017 lo que valida la importancia para el crecimiento y sostenimiento de la economía a nivel nacional. Hay regiones del país cuentan con un porcentaje mayor de participación en la industria automotriz, como lo veremos más adelante, sin embargo, en la región contamos con industria automotriz bastante representativa a nivel mundial, como lo es Toyota y Kenworth Mexicana. En la Figura 8 se muestra el crecimiento económico del país del 2010-2017, donde en promedio ha sido del 3% del PIB

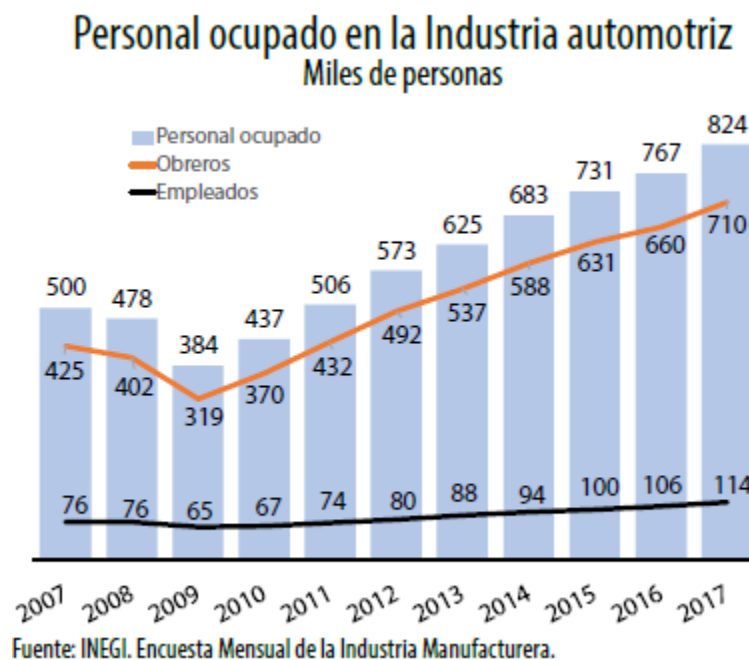
nacional contra un 12.3% del PIB de la industria automotriz lo que coloca como una de las industrias más atractivas para inversión y desarrollo en investigación educativa.

Figura 8. Comparativo del crecimiento del PIB 2010-2017 (Crecimiento promedio anual en términos reales)



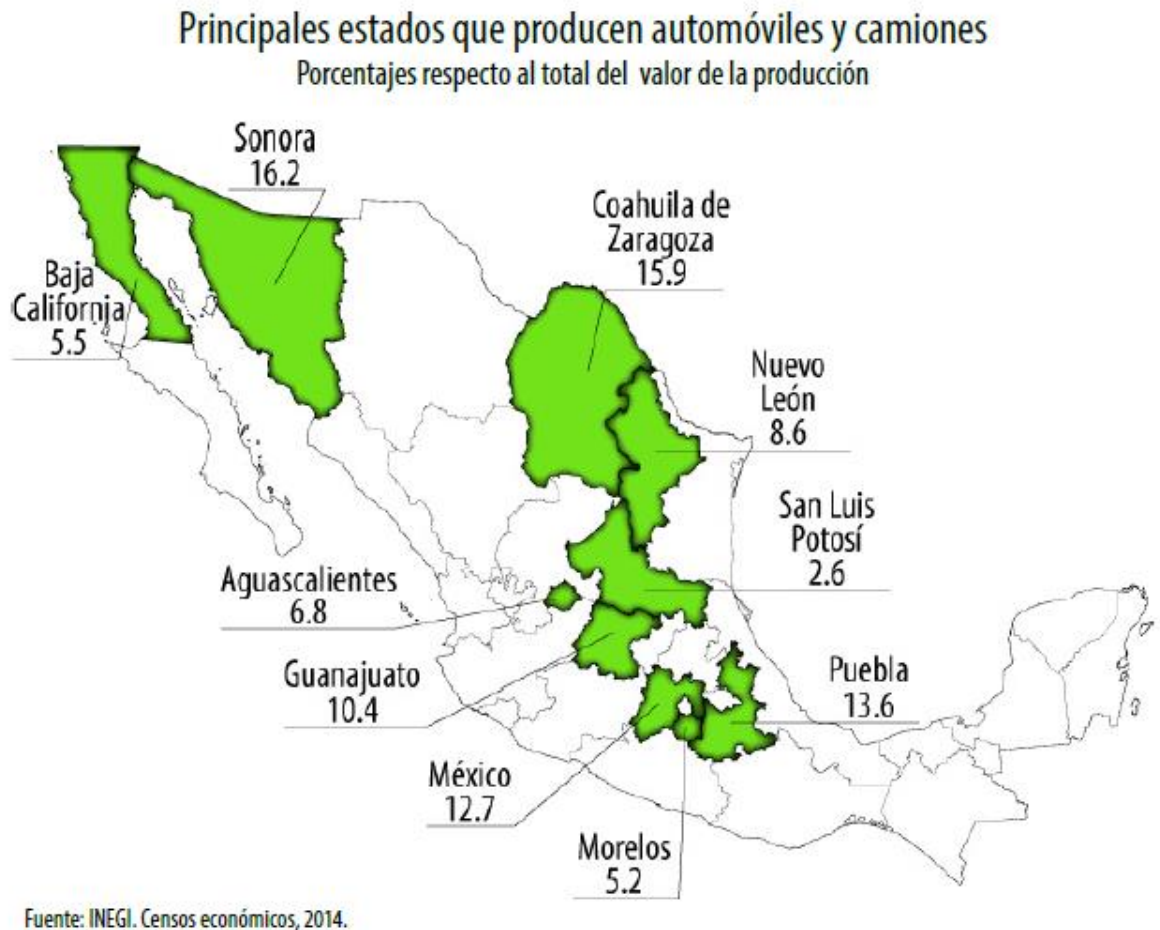
Este crecimiento del PIB de la industria automotriz ha generado directamente empleo a 824 mil personas en 2017 de acuerdo con datos del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018). En la Figura 9 se muestra una tendencia positiva a partir del 2009 con un crecimiento sostenido a través de los años hasta el 2017. El personal ocupado esta divididos entre obreros y empleados.

Figura 9. Personal ocupado en la industria metal mecánica



En la Figura 10 podemos observar que Baja California aporta el 5.5 por ciento del total del valor de la producción en la industria automotriz lo que nos coloca en el lugar número 8 del país, siendo los estados más importantes Sonora y Coahuila de Zaragoza con un 16.2 y 15.9 por ciento respectivamente. Este dato revela la importancia de la industria automotriz para la economía en vías de crecimiento y para la generación de empleos en el estado. Existe una gran probabilidad de mayor crecimiento en la industria automotriz del país si se extiende el alcance de esta investigación para el resto de los estados (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018).

Figura 10. Distribución en porcentaje de la industria automotriz en el País



Estos datos afirman la relevancia que tiene esta investigación para el apoyo del crecimiento económico de la región. Donde en la actualidad contamos con pocas industrias automotrices, pero si logramos hacer eficientes estas pocas industrias automotrices, alcanzando altos porcentajes de rentabilidad va a favorecer para atraer a más industria del giro automotriz a la región (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2018). Para este análisis se eligió la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. por la cercanía, por la disponibilidad de la empresa para la aplicación del instrumento de medición y por la experiencia que se cuenta laborando en esta industria. Sin embargo, sería muy beneficioso si se pudiera expandir al resto del país.

Como se explicó en capítulos anteriores, Urrea, (2014) menciona que la industria automotriz normalmente utiliza el método de “justo a tiempo”, este tipo de producción es continua, bajo un esquema de cadena de operación. La mayoría de las líneas de producción de la industria más representativa de Tijuana B.C. cuenta con procesos automatizados, esto genera un mayor grado de responsabilidad en los departamentos de mantenimiento, ya que de ellos depende en gran manera que los equipos estén disponibles cuando se les requiere. El crecimiento acelerado de la industria automotriz en el estado genera incertidumbre acerca de la capacidad de los departamentos de mantenimiento y de su personal para responder a las exigencias futuras.

Capítulo 4. Metodología

Una vez que se revisaron las diferentes teorías relacionadas con la gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento, se encontró que todas están basadas en teoría cualitativa y experiencia. Por este motivo se tomó la iniciativa para desarrollar un instrumento de medición que pudiera validar de forma cuantitativa si las variables que proponen los diferentes autores determinan o influyen en la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento.

La metodología de esta investigación es de tipo preexperimental cuantitativa. Se aplica un instrumento de medición con cuatro variables independientes (capital humano, sistemas y procedimientos, definición de estrategias y administración de activos) con un total de 57 ítems y una variable dependiente (confiabilidad de los departamentos de mantenimiento) que está determinada por cuatro factores que son: seguridad, calidad, productividad y costos. Esta variable independiente cuenta con 12 ítems. Para validarlo se realizaron encuestas en grupos separados a los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. y a través de estas se relaciona la hipótesis con el desempeño real de los departamentos de mantenimiento.

El tipo de muestreo que se eligió para este caso de estudio es el no probabilístico deliberado cuantitativo. En este caso de estudio la muestra que se eligió para aplicar la encuesta es personal del grupo de mantenimiento de la industria automotriz. Es un muestreo no probabilístico deliberado cuantitativo porque estamos buscando que el mismo grupo de mantenimiento defina cuales son las variables que determinan la confiabilidad del departamento. Más adelante se puede expandir el muestreo a otras áreas, como producción para hacer un análisis comparativo y al mismo tiempo llevar a cabo el análisis desde varios puntos de vista.

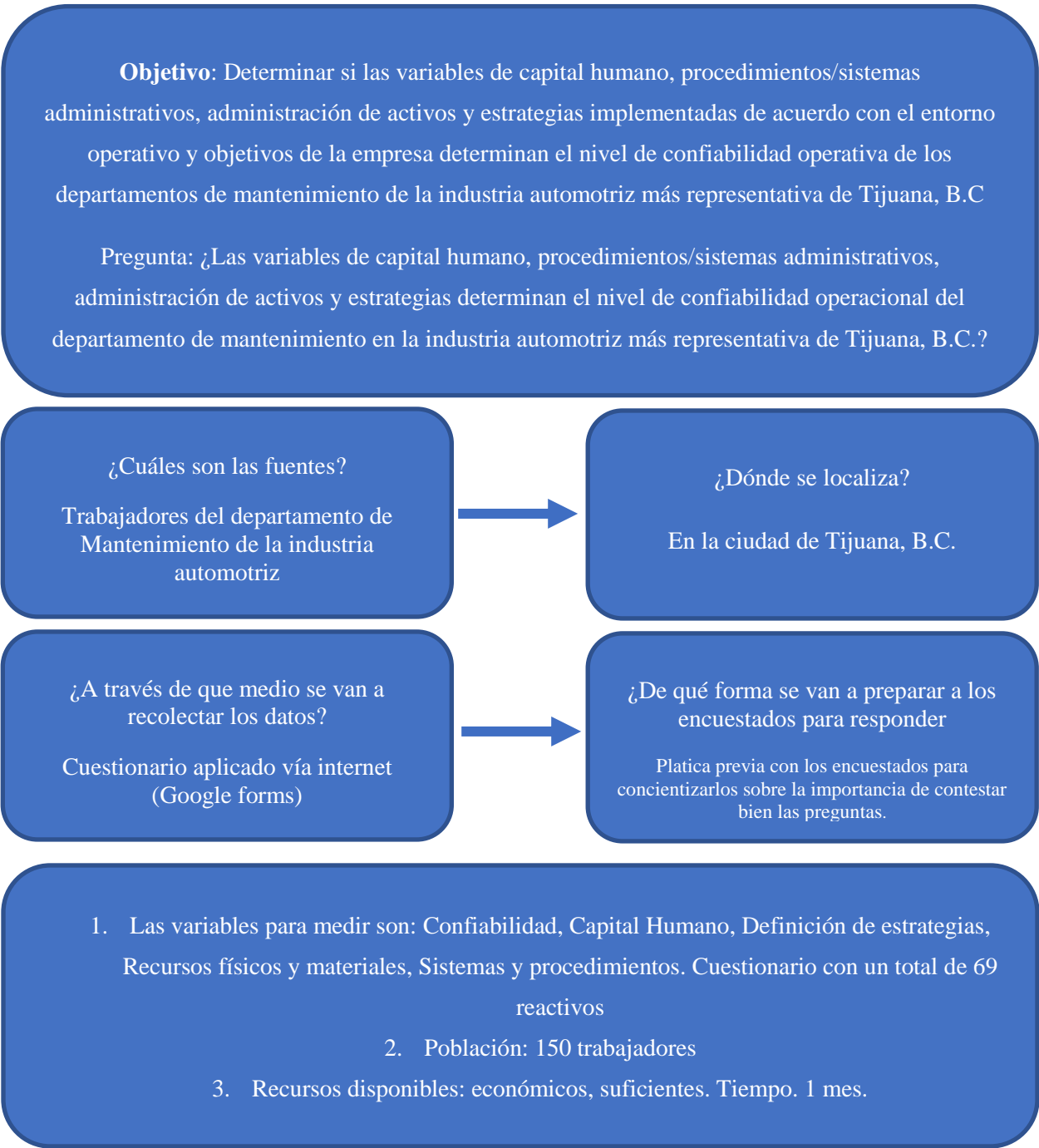
El instrumento de medición se aplicó a todo el personal que pertenece al departamento de mantenimiento, que al momento de la investigación son 150. Empleados los cuales están distribuidos en los diferentes puestos que componen el organigrama del departamento, desde el gerente del grupo, pasando por los gerentes de área, supervisores, líderes de grupo y al final los técnicos de mantenimiento. Con la ayuda de este grupo se podrán generar conclusiones, para determinar si las hipótesis que se generaron al inicio de la investigación se cumplen o se niegan.

4.1 Plan para la obtención de datos

Antes de comenzar a desarrollar el instrumento de medición, se elaboró un plan de desarrollo que permite visualizar el alcance para la implementación de nuestro instrumento de medición, es decir: cómo, dónde y a quién se aplicara la encuesta. Adicional se crea un modelo Ex - ante de las variables independientes, la dependiente y de los factores que determinan nuestro caso de estudio, que es: la gestión operacional de los departamentos de mantenimiento. Todo este preámbulo con el fin de tener un panorama amplio de nuestro tema de investigación y al mismo tiempo facilitar el control y el orden de los ítems del instrumento de medición.

La implementación del instrumento de medición de esa investigación se dividió en dos etapas: **Etap 1. Validación del instrumento de medición**, se aplica el cuestionario inicial a un porcentaje pequeño, pero significativo de la población a analizar para determinar si los ítems tienen correlación con nuestro tema de investigación. En esta etapa se pueden eliminar o agregar ítems de ser necesario; **Etap 2. Aplicación del instrumento de medición validado al total de la población**, se aplica el instrumento de medición validado al total de la población para confirmar nuestras hipótesis y sacar conclusiones. La Figura 11 detalla el plan de implementación para la aplicación del instrumento de medición de esta investigación.

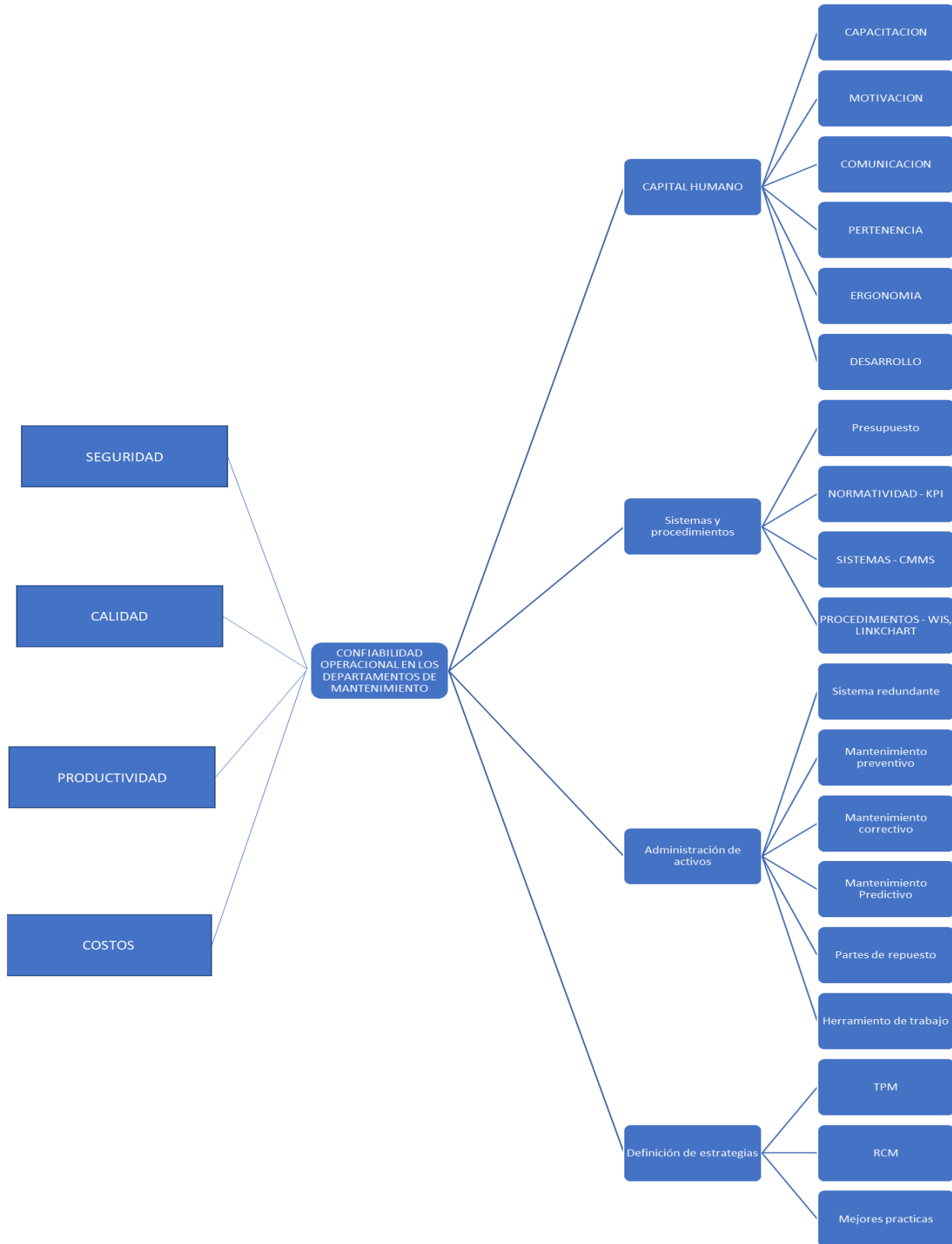
Figura 11. Plan de implementación de instrumento de medición.



Elaboración propia: basado en Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista Lucio, (2010)

A través del modelo Ex ante, que se muestra en la Figura 12, se logró visualizar de forma gráfica, la variable dependiente y las variables independientes del tema de investigación, que para este caso se determinaron como variable dependiente, la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento y las variables independientes como: capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias. Adicionalmente tenemos los elementos que determinan la variable dependiente, que para esta investigación son: Seguridad, calidad, productividad y costos. Es decir, dependiendo del nivel de seguridad, calidad, productividad y costos del departamento de mantenimiento se puede determinar el grado de confiabilidad que existe en los departamentos de mantenimiento.

Figura 12. Modelo Ex ante. Elaboración propia



4.2 Instrumento de medición confiabilidad en los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

Se desarrolló un cuestionario con un total de sesenta y nueve preguntas de acuerdo con el diagrama ex ante y en base al marco teórico revisado anteriormente. En la Tabla 7 se muestra el desglose de la cantidad de ítems por variable. Este instrumento de medición es el propuesto para validar su fiabilidad y correlación con nuestra variable dependiente; Confiabilidad operacional en los departamentos de mantenimiento.

Tabla 7. Variables del instrumento de medición

#	Tipo	Variable	Ítems
1	Independiente	CH – Capital humano	18
2	Independiente	SP – Sistemas y procedimientos	14
3	Independiente	AA - Administración de activos	15
4	Independiente	DE – Definición de estrategias	10
5	Dependiente	CONF – Confiabilidad de los departamentos de mantenimiento	12

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 5. Resultados

5.1 Etapa 1. Validación del instrumento de medición

El cuestionario propuesto que se utilizó es el de la escala de Likert de opción múltiple donde se pondera cada respuesta del número uno siendo totalmente de acuerdo y el número siete totalmente en desacuerdo. Se crearon 57 (ítems) de las variables independientes, que para esta investigación las conocemos como capital humano con 19 ítems, sistemas y procedimientos con 14 ítems, administración de activos con 15 ítems y definición de estrategias con 10 ítems. Las doce preguntas (ítems) restantes (58-69) se relacionan con la variable dependiente; Confiabilidad operacional en los departamentos de mantenimiento, la cual está definida por las variables productividad, costos, seguridad y calidad. En el Anexo 1 se puede encontrar el instrumento de medición utilizado para esta investigación.

Para validar este instrumento de medición se hizo un muestro con un total de 37 personas que laboran en los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C., el total de la población como lo mencionamos antes es de ciento cincuenta personas por lo que estamos tomando una muestra del 21.33%. El estudio de fiabilidad (que para esta investigación es sinónimo de confiabilidad) del instrumento de medición se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 23. Se realizó el análisis de confiabilidad de cada una de las variables declaradas; Capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias. Adicional se validó la variable dependiente; Confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento.

Estudio de la Variable CH – Capital Humano

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. En la Tabla 8 se observan los resultados de este análisis estadístico realizado para la variable capital humano, en la columna izquierda se describe el nivel de confiabilidad y en la columna derecha el número de ítems que se analizaron de esta variable.

Tabla 8. Alpha de Cronbach CH – Capital Humano

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.987	18

El resultado es **0.987** lo que nos indica una alta consistencia interna entre los 18 ítems de **CH**. En la Tabla 9 se enlistan los 18 ítems de esta variable, de igual forma este análisis nos arroja varios datos, como, la media de escala si el elemento es suprimido, la varianza de escala si el elemento es suprimido, la correlación total de elementos corregida y por último la más importante, el nivel de confiabilidad si el elemento es eliminado. Se observa que no es necesario eliminar ningún ítem debido a que la consistencia interna no se ve alterada de manera significativa.

Tabla 9. Análisis de ítems CP-Capital humano

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
CH 1.1.1	41.16	919.297	.921	.986
CH 1.1.2	41.06	927.415	.930	.986
CH 1.1.3	41.19	905.641	.952	.985
CH 1.2.1	40.91	928.152	.891	.986
CH 1.2.2	40.84	923.943	.896	.986
CH 1.2.3	41.13	927.661	.930	.986
CH 1.3.1	40.97	914.741	.907	.986
CH 1.3.2	41.03	901.193	.940	.985
CH 1.3.3	41.31	921.125	.966	.985
CH 1.4.1	41.38	897.339	.938	.986
CH 1.4.2	41.31	898.028	.942	.985
CH 1.4.3	41.38	903.081	.956	.985
CH 1.5.1	41.31	903.512	.939	.985
CH 1.5.2	41.13	900.952	.944	.985
CH 1.5.3	41.34	901.588	.950	.985
CH 1.6.1	40.22	956.693	.477	.990
CH 1.6.2	41.00	932.452	.829	.987
CH 1.6.3	40.84	916.846	.846	.986

Estudio de la Variable SP- Sistemas y procedimientos

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. En la Tabla 10 se observan los resultados de este análisis estadístico realizado para la variable sistemas y procedimientos, en la columna izquierda se describe el nivel de confiabilidad y en la columna derecha el número de ítems que se analizaron de esta variable.

Tabla 10. Alpha de Cronbach SP – Sistemas y procedimientos

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.957	14

El resultado es **0.957** lo que nos indica una alta consistencia interna entre los 14 ítems de **SP**. En la Tabla 11 se enlistan los 14 ítems de esta variable, de igual forma este análisis nos arroja varios datos, como, la media de escala si el elemento es suprimido, la varianza de escala si el elemento es suprimido, la correlación total de elementos corregida y por último la más importante, el nivel de confiabilidad si el elemento es eliminado. Se observa que no es necesario eliminar ningún ítem debido a que la consistencia interna no se ve alterada de manera significativa.

Tabla 11. SP-Sistemas y Procedimientos

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
SP 2.1.1	37.03	384.289	.900	.951
SP 2.1.2	36.91	399.894	.633	.957
SP 2.1.3	37.25	389.871	.632	.958
SP 2.1.4	36.19	392.415	.542	.961
SP 2.2.1	37.38	378.371	.892	.951
SP 2.2.2	37.53	373.289	.886	.951
SP 2.2.3	37.53	373.676	.880	.951
SP 2.3.1	36.75	389.871	.790	.953
SP 2.3.2	36.66	406.943	.640	.957
SP 2.3.3	36.53	397.999	.722	.955
SP 2.3.4	36.75	391.935	.816	.953
SP 2.4.1	37.16	385.943	.824	.953
SP 2.4.2	37.63	389.597	.803	.953
SP 2.4.3	37.50	379.097	.883	.951

Estudio de la Variable AA - Administración de Activos

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. En la Tabla 12 se observan los resultados de este análisis estadístico realizado para la variable administración de activos, en la columna izquierda se describe el nivel de confiabilidad y en la columna derecha el número de ítems que se analizaron de esta variable.

Tabla 12. Alpha de Cronbach AA – Administración de Activos

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.968	15

El resultado es **0.968** lo que nos indica una alta consistencia interna entre los 15 ítems de **AA**. En la Tabla 13 se enlistan los 15 ítems de esta variable, de igual forma este análisis nos arroja varios datos, como, la media de escala si el elemento es suprimido, la varianza de escala si el elemento es suprimido, la correlación total de elementos corregida y por último la más importante, el nivel de confiabilidad si el elemento es eliminado. Se observa que no es necesario eliminar ningún ítem debido a que la consistencia interna no se ve alterada de manera significativa.

Tabla 13. Análisis de ítems AA- Administración de Activos

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
AA 3.1.1	37.03	413.451	.885	.964
AA 3.1.2	36.84	410.588	.832	.965
AA 3.1.3	36.72	406.725	.879	.964
AA 3.1.4	36.81	406.351	.859	.964
AA 3.2.1	36.84	405.555	.899	.964
AA 3.2.2	36.63	398.758	.901	.963
AA 3.2.3	37.06	402.577	.875	.964
AA 3.2.4	36.97	402.805	.898	.964
AA 3.3.1	36.13	448.435	.308	.973
AA 3.3.2	36.56	428.125	.596	.969
AA 3.3.3	36.81	409.319	.874	.964
AA 3.4.1	37.00	415.677	.791	.966
AA 3.4.2	37.06	409.996	.871	.964
AA 3.4.3	37.06	406.964	.887	.964
AA 3.4.4	37.03	418.934	.673	.968

Estudio de la Variable DE – Definición de Estrategias

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. En la Tabla 14 se observan los resultados de este análisis estadístico realizado para la variable definición de estrategias, en la columna izquierda se describe el nivel de confiabilidad y en la columna derecha el número de ítems que se analizaron de esta variable.

Tabla 14. Alpha de Cronbach DE – Definición de Estrategias

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.968	10

El resultado es **0.968** lo que nos indica una alta consistencia interna entre los 10 ítems de **DE**. En la Tabla 15 se enlistan los 10 ítems de esta variable, de igual forma este análisis nos arroja varios datos, como, la media de escala si el elemento es suprimido, la varianza de escala si el elemento es suprimido, la correlación total de elementos corregida y por último la más importante, el nivel de confiabilidad si el elemento es eliminado. Se observa que no es necesario eliminar ningún ítem debido a que la consistencia interna no se ve alterada de manera significativa.

Tabla 15. Análisis de ítems DE – Definición de Estrategias

Estadísticas de total de elemento				
	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
DE 4.1.1	23.28	229.370	.920	.962
DE 4.1.2	22.44	240.448	.683	.971
DE 4.1.3	23.22	229.144	.937	.962
DE 4.2.1	22.50	228.968	.804	.967
DE 4.2.2	22.25	232.774	.810	.966
DE 4.2.3	22.78	229.338	.885	.964
DE 4.3.1	22.97	236.547	.864	.965
DE 4.3.2	22.78	235.467	.888	.964
DE 4.3.3	22.97	231.257	.930	.962
DE 4.3.4	23.47	229.805	.850	.965

Estudio de la Variable CONF – Confiabilidad de los departamentos de mantenimiento

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. En la Tabla 16 se observan los resultados de este análisis estadístico realizado para la variable confiabilidad de los departamentos de mantenimiento, en la columna izquierda se describe el nivel de confiabilidad y en la columna derecha el número de ítems que se analizaron de esta variable.

Tabla 16. Alpha de Cronbach CONF – Confiabilidad de los departamentos de mantenimiento

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
.978	12

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. El resultado es **0.978** lo que nos indica una alta consistencia interna entre los 12 ítems de **CONF**. Este enunciado nos permite concluir que las variables; CP – Capital Humano, SP- sistemas y procedimientos, AA – administración de activos y DE – definición de estrategias, demuestran una elevada consistencia interna y no se requiere eliminar ningún reactivo para elevar los indicadores del Alpha de Cronbach.

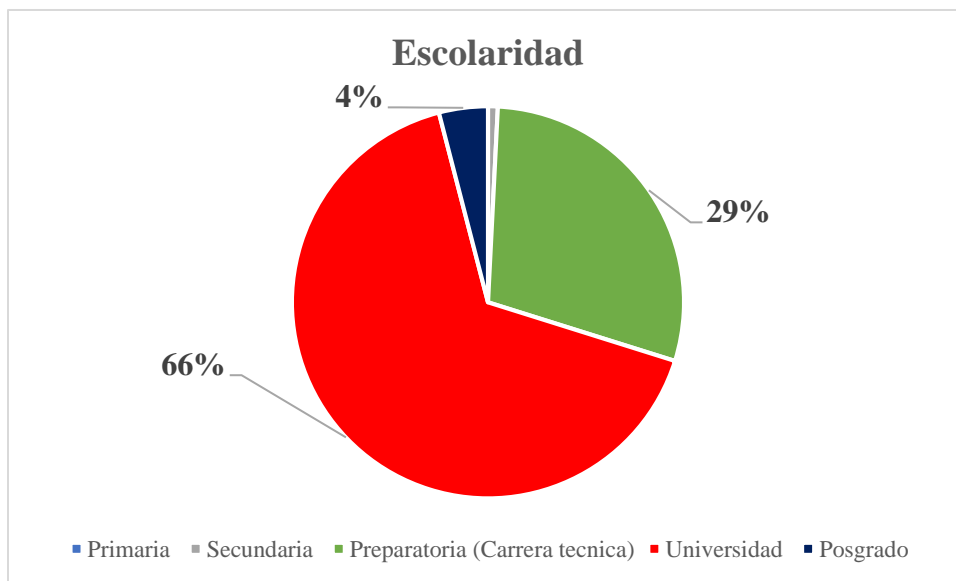
5.2 Etapa 2. Aplicación del instrumento de medición validado al total de la población.

Para el análisis de correlación de esta investigación se obtuvieron un total de 124 respuestas del cuestionario por parte de los empleados del departamento de mantenimiento. Como se revisó anteriormente el total de la población a analizar es de 150 trabajadores y de

acuerdo con Fernández (1998) tenemos un nivel de confiabilidad del 99% y un error de estimación del 3.88%.

La población que se analizó está compuesta por todos los integrantes del departamento de mantenimiento, desde la gerencia hasta el nivel más bajo, que es el de técnico en mantenimiento. Como se muestra en la Figura 13, se encontró que el 61% de los encuestados tienen grado escolar de carrera universitaria, el 34% tienen carrera técnica y aproximadamente el 5% tienen grado escolar de posgrado. Este es un buen indicativo para este departamento ya que muestra que la mayoría de los empleados que forman parte del grupo tienen un nivel de estudios alto.

Figura 13. Escolaridad grupo de mantenimiento

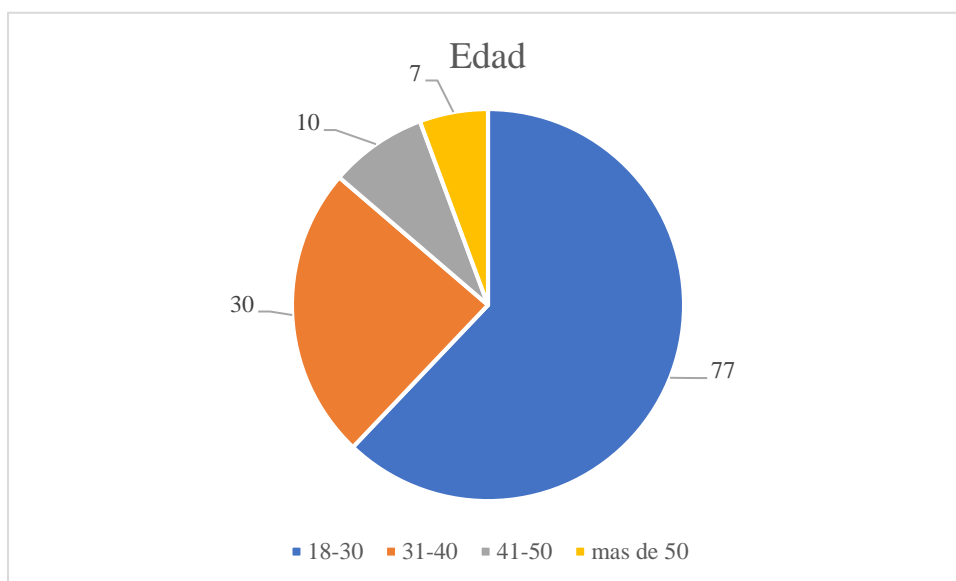


Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los empleados que conforman el grupo de mantenimiento se encuentran en el rango de edad de 18 a 30 años con un 62% del total, en menor cantidad se encuentran los empleados con más de 50 años, con tan solo el 6% del total. Se puede inferir de esta información

que, el grupo de mantenimiento es joven, sin embargo, cuentan con integrantes de todas las edades (Figura 14).

Figura 14. Rangos de edades del grupo de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 17 se muestra el estudio de correlación de las variables que se realizó con el software IBM SPSS Statistics versión 23. Se analizó la correlación de cada una de las variables independientes declaradas; capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias, todas estas variables en relación con la variable dependiente; confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento.

Tabla 17. Correlación de variables

		Correlaciones				
		CH_VAR1	SP_VAR1	AA_VAR1	DE_VAR1	CONF_VAR1
CH_VAR1	Correlación de Pearson	1				
	Sig. (bilateral)					
	N	1653				
SP_VAR1	Correlación de Pearson	.964**	1			
	Sig. (bilateral)	.000				
	N	1653	1653			
AA_VAR1	Correlación de Pearson	.942**	.932**	1		
	Sig. (bilateral)	.000	.000			
	N	1653	1653	1653		
DE_VAR1	Correlación de Pearson	.876**	.886**	.909**	1	
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000		
	N	1653	1653	1653	1653	
CONF_VAR1	Correlación de Pearson	.871**	.882**	.893**	.922**	1
	Sig. (bilateral)	.000	.000	.000	.000	
	N	1653	1653	1653	1653	1653

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

De acuerdo con el análisis correlacional de Pearson nuestras variables independientes tienen un nivel de relación con nuestro tema de investigación de:

1. La variable CH (capital humano) tiene una correlación alta con la variable CONF (; Confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento) al nivel de 0.871 con una significancia del 0.01%. Cabe destacar que esta es la variable que menos correlación tiene con nuestro tema de investigación.
2. La variable SP (sistemas y procedimientos) tiene una correlación alta con la variable CONF (confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento) al nivel de 0.882 con una significancia del 0.01%.

3. La variable AA (administración de activos) tiene una correlación alta con la variable CONF (confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento) al nivel de 0.893 con una significancia del 0.01%.
4. La variable DE (definición de estrategias) tiene una correlación alta con la variable CONF (confiabilidad operacional de los departamentos de mantenimiento) al nivel de 0.922 con una significancia del 0.01%. Esta variable es la que mayor correlación tiene con nuestro tema de investigación.

El análisis de correlación de Person nos muestra que la variable independiente de capital humano es la que menor inferencia tiene en nuestra variable dependiente, es decir, para garantizar la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento esta variable sería la que menor recursos y esfuerzos debería requerir. La variable que más aporta a la confiabilidad del departamento de mantenimiento es la de definición de estrategias, por lo que se recomendaría prestar mayor atención al cumplimiento satisfactorio de estos ítems.

Al final del día todas las variables independientes aportan, cada una con su grado de significancia al logro de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento, sin embargo, es importante priorizar el cumplimiento de los ítems que nos generan un mayor porcentaje de confiabilidad. Se logró confirmar que las variables independientes que se proponen tienen una alta correlación con nuestra variable dependiente.

Tabla 18. Resumen modelo de regresión múltiple

Resumen del modelo ^b					
Modelo	R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación	Durbin-Watson
1	.934 ^a	.873	.873	.69470	.067

a. Predictores: (Constante), DE_VAR1, CH_VAR1, AA_VAR1, SP_VAR1

b. Variable dependiente: CONF_VAR1

En la Tabla 18 se muestra un resumen del modelo de regresión lineal de este tema de investigación, que es la gestión de la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento de la industria más representativa de Tijuana, B.C. Donde es resumen podemos decir que, para el modelo de regresión probado con las cuatro variables independientes se explica el 87.3% de la varianza de la variable dependiente.

6. Recomendaciones y conclusión

El incremento exponencial en la producción de los últimos años de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. ha generado un alto nivel de exigencia para los diferentes departamentos que la componen. En especial para el departamento de mantenimiento, esto por dos motivos principalmente; El **primer motivo** es el sistema de producción continua que adopta esta industria, donde no hay tantos paros programados como los tienen otro tipo de industrias. Esto limita el tiempo efectivo para realizar mantenimiento a la maquinaria, el **segundo motivo** es que la mayoría de los procesos productivos de la industria automotriz son automatizados, lo cual realza la importancia de los grupos de mantenimiento. La importancia de la confiabilidad en los procesos y puntualmente en la maquinaria recae en que las fallas o averías en los equipos son las causas principales de ineficiencia.

A lo largo de esta investigación se revisó la importancia de la gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento. Viveros, Stegmaier, Kristjanpoller, Barbera y Crespo (2013) mencionan que la gestión adecuada del mantenimiento ayuda lograr los objetivos de reducción de costos, cumplir con la productividad en los equipos, reducir los riesgos de seguridad hacia las personas y efectos negativos al medio ambiente. Lo que se puede traducir en el cumplimiento de seguridad, calidad, productividad y costos.

Uno de los objetivos principales de esta investigación era determinar si la estrategia de gestión de confiabilidad e los departamentos de mantenimiento lograba dar solución a los altos requerimientos que tiene la industria automotriz más representativa de Tijuana B.C. en la actualidad. Por este motivo primero se hizo una revisión de esta teoría y otras teorías relacionadas. Donde se encontró que ninguna de estas teorías tenía un sustento cuantitativo

(instrumento de medición) confiable para validarlas. Por este motivo el objetivo general de esta investigación se tornó en comprobar si el capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y estrategias, determinan el nivel de confiabilidad (seguridad, calidad, productividad y costos) en los departamentos de mantenimiento de la Industria Automotriz más representativa de Tijuana, B.C.

De acuerdo con Nunnally (1967), los valores de Alpha de Cronbach entre 0.6 y 0.7, son aceptables para ítems que han de formar un mismo constructo. Este enunciado nos permite concluir que las variables; CH, SP, AA, DE y CONF demuestran una elevada consistencia interna y no se requiere eliminar ningún reactivo para elevar los indicadores del Alpha de Cronbach. Después de realizar el análisis del Alpha de Cronbach, se concluye que el instrumento de medición es confiable y que las variables independientes capital humano, sistemas y procedimientos, administración de activos y definición de estrategias tienen correlación con la variable dependiente confiabilidad operativa de los departamentos de mantenimiento que a su vez está determinada por productividad, calidad, seguridad y costos.

Se validó la hipótesis alternativa (H_1) de que las variables independientes (CH, SP, AA, DE y CONF), cada una con su grado de significancia, determinan el nivel de confiabilidad operacional (seguridad, calidad, productividad y costos) de los departamentos de mantenimiento de la industria automotriz más representativa de Tijuana, B.C. lo que significa que la implementación adecuada de una estrategia de gestión de confiabilidad en los departamentos de mantenimiento con el instrumento de medición propuesto, puede ayudar a mejorar los indicadores de seguridad, calidad, productividad y costos del departamento y de la empresa en general. La implementación adecuada de esta estrategia puede dar solución a los problemas de falta de tiempo para

realizar las tareas de mantenimiento, ya que se puede obtener información clara sobre las actividades que tienen prioridad.

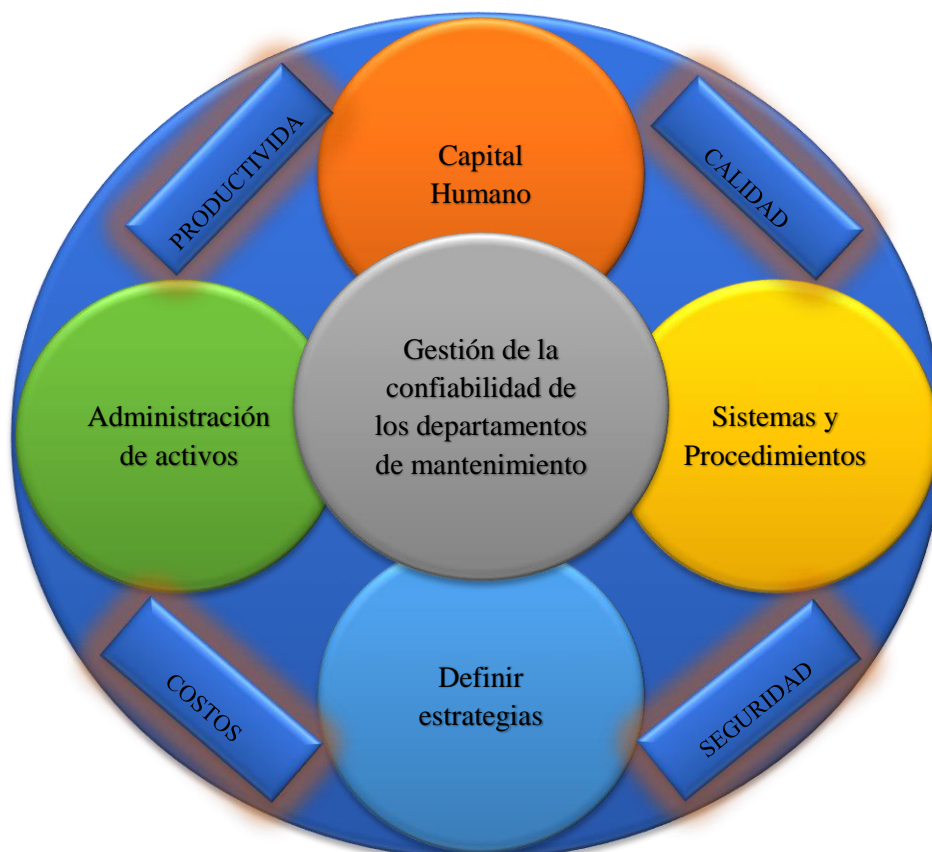
6.1 Recomendaciones

1. Realizar una revisión del cumplimiento de los objetivos en seguridad, calidad, productividad y costos. Esto con el fin de evaluar la condición del departamento y poder realizar comparaciones futuras.
2. Informar y concientizar a la totalidad del grupo sobre la estrategia de gestión de confiabilidad de los departamentos de mantenimiento, sus beneficios y retos. El propósito de esto es preparar al grupo para responder el instrumento de medición con mucha responsabilidad y conciencia.
3. Aplicar el instrumento de medición periódicamente. El ideal es poder hacer correcciones en las áreas de oportunidad detectadas con el instrumento de medición antes de volver a aplicarlo.
4. Comparar el comportamiento de los indicadores de seguridad, calidad, productividad y costos un poco después de realizar las contramedidas detectadas con el instrumento de medición.
5. La retroalimentación de todos los niveles (operativos, tácticos y estratégicos) del grupo de mantenimiento es vital para el éxito de esta estrategia de mantenimiento.
6. Algunos ítems des este cuestionario pueden variar dependiendo el contexto operativo de la industria automotriz donde se aplique.
7. El éxito en la implementación de esta estrategia depende en gran manera del compromiso que tenga la alta gerencia.

6.2 Recomendaciones para futuras investigaciones

Una vez que se validó el instrumento de medición de las variables independientes que determinan la gestión de la confiabilidad en los departamentos de mantenimiento, se puede proponer una metodología para administrar los departamentos de mantenimiento en la industria automotriz y sus prioridades. Es decir, del resultado de la aplicación del instrumento de medición se pueden priorizar áreas de oportunidad y de esta forma atacarlas puntualmente. En la figura 13 se visualiza un mapa conceptual donde se identifican las variables independientes (capital humano, sistemas y procedimientos, definir estrategias y administración de activos) y la variable dependiente gestión de la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento en el centro. De igual forma se visualizan los recuadros que determinan la variable dependiente (seguridad, calidad, productividad y costos).

Figura 15. Metodología de gestión de la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento



Fuente: Elaboración propia

Por ejemplo, si el área de oportunidad es en la variable independiente del capital humano, se deben analizar las respuestas de esta dimensión para desarrollar estrategias para mejorar en este rubro y a su vez mejorar la confiabilidad del departamento. A través de un calendario de fechas para aplicación de este instrumento se puede estar llevando a un análisis predictivo del comportamiento y situación actual de los departamentos de mantenimiento, como tal se pueden atacar las áreas de oportunidad de forma puntual y oportuna. Esta metodología de la gestión de la confiabilidad de los departamentos de mantenimiento es la que se propone para investigaciones a futuro.

Se propone desarrollar una metodología de control del desempeño de los grupos de administración en los departamentos de mantenimiento basado en el nivel de confiabilidad de las variables independientes que influyen en los procesos administrativos. El ideal, sería tener un manual de pasos a seguir dependiendo de la variable independiente (capital humano, sistemas y procedimientos, definir estrategias y administración de activos) más débil. Un manual que explique y describa posibles estrategias a implementar dependiendo del déficit identificado en el departamento.

Bibliografía

- Améndola, L. (2002). *Modelos Mixtos de Confiabilidad*. Mantenimiento Mundial. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/amendola/index.aspx?lang=>
- Anderson, R., D., Williams, T., & Sweeney, D. (2008). *Estadística para administración y economía* (Vol. 10a. edición). Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
- Anónimo. (2004). *Técnicas de mantenimiento industrial*.
- Aquilla, J. (2020). Caracterización y propuesta de gestión de los factores asociados a la productividad en los procesos de mantenimiento de los talleres automotrices para vehículos livianos de la ciudad de Cuenca. *UNIVERSIDAD DEL AZUAY*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9731>
- Baldarrago, G., Navarro, R., Paz, M., & Alfaro, P. (2018). Estrategias y actividades para reducir los costos de mantenimiento industrial. *Universidad Privada del Norte*.
- Banda, H., Gómez, D., & Carrión, L. (2016). La industria automotriz en el estado de Querétaro: ¿cambio estructural? *pensamiento & gestión, 41*. *Universidad del Norte*.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2015). Ley federal del trabajo. *Diario Oficial de la Federación*.
- Castillo, R. (2012). *Desarrollo del capital humano en las organizaciones*. RED TERCER MILENIO S.C. doi:ISBN 978-607-733-011-0
- Cobos, S., & Morales, A. (2018). Modelo de gestión, especializado en PYMES, para mejorar la productividad de procesos mediante la implementación de herramientas básicas de calidad. *Universidad del Azuay*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/7728>
- DEAC, V., PÂRVU, F., BÂGU, C., & CÂRSTEA, G. (2010). The Modern Approach to Industrial Maintenance Management. *Informatica Economică, 14*.
- Díaz, E., López, J., & Garduño, R. (2019). La eficiencia técnica de la industria automotriz en México, 1988-2008. *Revista Latinoamericana de Economía*. doi:<http://dx.doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2019.199.68192>
- Dounce, E. (2014). *La productividad en el mantenimiento industrial* (Vol. 3a. Edición). Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V. doi:ISBN: 978-607-438-924-1

- Durán , J. (2000). ¿Qué es Confiabilidad Operacional? Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/notas/2quees.pdf>
- Escobar, L., Villa , E., & Yañez , S. (2003). CONFIABILIDAD: HISTORIA, ESTADO DEL ARTE Y DESAFIOS FUTUROS. *Dyna Universidad Nacional de Colombia*, 5-21.
- Fernández, Á. (1998). Investigación de mercados: obtención de información. Civitas.
- Fernández, M., & Shkiliova, L. (2012). Validación de un método para el cálculo de indicadores de mantenimiento. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 72-79. Obtenido de <https://libcon.rec.uabc.mx:5471/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=108347640&lang=es&site=ehost-live>.
- Fonseca, M., Correa, A., Pineda , M., & Lemus, F. (2011). *Comunicación oral y escrita*. PEARSON.
- Fontalvo, T., Granadillo, E., & Morelos, J. (2017). LA PRODUCTIVIDAD Y SUS FACTORES: INCIDENCIA EN EL MEJORAMIENTO ORGANIZACIONAL. *Dimensión Empresarial*. Obtenido de <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1375>
- Galar, D., Berges , L., Lambán, M., & Tormos, B. (2014). La medición de la eficiencia de la función mantenimiento a través de KPIs financieros. *Dyna*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405014>
- Galar, D., Berges, L., & Royo , J. (2010). RAMS Parameters as KPI Rotating Machinery Maintenance. *Researchgate*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/260399125>
- Gallegos, W. (2012). *Revisión histórica de la salud ocupacional y la seguridad industrial*. Revista cubana de salud y trabajo.
- García , O. (2006). *El Mantenimiento General Administración de Empresas*. Colombia: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Obtenido de oligar52@yahoo.com
- García , O. (2007). Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad Operacional_GMC. *Conferencia Latinoamericana de Gestión de Mantenimiento y Confiabilidad Operacional*, 21. Obtenido de https://www.academia.edu/10765535/Gestión_Integral_de_Mantenimiento_basada_en_Confiabilidad_GMC_2007
- García, O. (2013). La confiabilidad humana clave de la sostenibilidad industrial. *Mantenimiento en Latinoamérica*, 8-10. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/320540275>

- García, S. (2010). *Organización y gestión integral, Manual práctico para la implantación*. Ediciones Díaz de Santos. doi:ISBN: 84-7978-548-9
- González, F. (2005). *Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado* (2nd ed.). FC editorial.
- Gulati , R., & Smith, R. (2009). *Maintenance and Reliability Best Practices*. 989 Avenue of the Americas New York, NY 10018: Industrial Press. doi:ISBN:9780831133115
- Hernández Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5ta. ed.). México: McGraw-Hill.
- Hu, Q., Boylan, J., Chen, H., & Labib, A. (2018). OR in spare parts management: A review. *European Journal of Operational Research*, 395-414. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.07.058>
- Huerta, R. (2000). El análisis de criticidad, una metodología para mejorar la confiabilidad operacional. *Ponencia recibida para ser presentada en el 2º Congreso Cubano de Ingeniería Mecánica, ISPJAE, Ciudad de la Habana, Septiembre 2000*.
- Hung, A. (2009). Mantenimiento centrado en confiabilidad como estrategia para apoyar los indicadores de disponibilidad y paradas forzadas en la planta Oscar A. Machado EDC. *Revista Ingeniería Energética*.
- Ingeniería Mecafenix. (2018). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de Tipos de herramientas y sus usos: <https://www.ingmecafenix.com/herramientas/tipos-de-herramientas-y-sus-usos/>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (Noviembre de 2018). *Colección de estudios sectoriales y regionales Conociendo la Industria automotriz*. (C. d. regionales, Ed.) Obtenido de INEGI: www.inegi.org.mx
- INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO . (2021). NTP 391: Herramientas manuales (I): condiciones generales de seguridad. *INSST - Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo*.
- IntegraMarkets. (2017). Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial. *INTEGRA MARKETS*. Obtenido de www.IntegraMarkets.com
- ISO 55000:2014(E). (2014). *Asset management — Overview, principles and terminology*. Switzerland. Retrieved from www.iso.org
- Lencioni, P. (2003). *Cinco disfunciones de un equipo*. Ediciones.

- López, C., & Salazar, G. (2020). Methodology for the Planning and Control of the Execution of Preventive and Corrective Maintenance of Subtransmission Lines. *Revista Técnica Energía*, 135-147. Obtenido de <http://libcon.rec.uabc.mx:2051/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=141503834&lang=es&site=eds-live>
- Martínez, A., Santos, G., & García, A. (2017). Productive Specialization and Relational Analysis: The Automotive Industry in Guanajuato*. *Autonomous University of the State of Morelos, Mexico*. doi:<http://dx.doi.org/10.17428/rfn.v29i58.525>
- Maya, J. (2018). *Aplicación de RCM como estrategia de implementación del mantenimiento predictivo para la metodología TPM*. Universidad Nacional de Colombia.
- McCarthy, D., & Rinch, N. (2004). *Lean TPM: A Blueprint for Change*. Oxford: Butterworth-Heinemann. Retrieved from <http://libcon.rec.uabc.mx:2051/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=117148&lang=es&site=eds-live>
- Medina, M. (2009). *ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO. TECNOLÓGICO DE ESTUDIOS SUPERIORES DEL ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO*.
- Meeker, W., & Escobar, L. (2003). Reliability: The Other Dimension of Quality. *Statistics Preprints*. Obtenido de http://lib.dr.iastate.edu/stat_las_preprints/16
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. República de Colombia. (2010). Manual para la elaboración de Planes de Negocios. *Ventures*. Obtenido de ISBN: 978-958-8575-22-3
- Mora, L. (2009). *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control*. Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. doi:ISBN: 978-958-682-769-0
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered Maintenance* (Vol. Second Edition). New York, New York, United States of America: Industrial Press Inc. doi:ISBN 0-8311-3078-4
- Muñoz, A., & Sánchez, M. (2016). Productividad en la Industria de la Uva y la eficiencia de los recursos disponibles en el Valle de Guadalupe, Baja California. *SEMESTRE ECONÓMICO*.
- Negrón, A., Fleitas, M., Gémar, G., Negrón, J., García, V., & Trujillo, Y. (2018). Identificación de costos ocultos a partir de un estudio de organización del trabajo en una empresa del sector farmacéutico en Cuba. *Revista chilena de ingeniería*.

- Nunnally, J. C. (1967). *Psychometric Theory*. (U. o. Chicago, Ed.) New York: McGraw Hill.
- Pérez, C. (2015). *Confiabilidad, medición y tendencias*. Soporte & Cia.
- Prokopenko, J. (1989). La gestión de productividad. *Organización Internacional del Trabajo 1989*.
- Real Academia Española. (30 de August de 2019). *Real Academia Española*. Obtenido de Real Academia Española: <https://www.rae.es/recursos/diccionarios>
- Reliabilityweb.com. (2021). *Reliabilityweb.com*. Obtenido de El cálculo de la Confiabilidad: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/el-calculo-de-la-confiabilidad/>
- Robles, C., Alvirer, L., & Martínez, E. (2020). Sentido de pertenencia, relaciones intraorganizacionales y participación activa en el desarrollo comunitario: un análisis de empresas medianas de manufactura en México. *AD-minister*, 31-44. Obtenido de <https://libcon.rec.uabc.mx:5277/ehost/results?vid=3&sid=ce7f6d91-0d9b-42a6-a3a0-b4bc47a23d43%40sdc-v-sessmgr01&bquery=sentido+de+pertenencia+en+la+industria&bdata=JmRiPWFzbiZkYj12dGgmZGI9YnRoJmRiPXVmaCZkYj1paWgmZGI9ZTAwMHh3dyZkYj1ubGViaYzYj1laWgmZGI9emJo>
- Ros, A. (2010). *Mantenimiento industrial-I (Recopilación)*. Mantenimiento Industrial .
- Ruiz, R. (2020). Quality in production and operational systems.
- Salazar, J., Guerrero, J., Machado, Y., & Cañedo, R. (2009). Clima y cultura organizacional: dos componentes esenciales en la productividad laboral. *scielo*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu>
- Sánchez, P., Maldonado, M., Rojas, A., Torres, N., Herrera, J., Bottini, M., . . . Quero, A. (2019). Productividad de variedades de alfalfa en el Valle de México. *Acta Universitaria* 29. doi:<http://doi.org/10.15174.au.2019.2202>
- Secretaría del trabajo y previsión social. (1999). NOM-004-STPS-1999. *Diario oficial de la Federación*.
- Selcuk, S. (2017). Predictive maintenance, its implementation and latest trends. *SAGE Journals*. Retrieved from <https://doi.org/10.1177/0954405415601640>
- Senge, P. (2010). *La quinta disciplina : el arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Buenos Aires: Granica.

- Sexto, L. (2007). La confiabilidad integral del activo. *Ediciones Mecánica*. Obtenido de <http://libcon.rec.uabc.mx:3019/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=de22fc10-3d9b-4261-9a0d-c71688db04b1%40pdc-v-sessmgr05>
- Sotuyo, S. (2001). *OMI: Optimización Integral de Mantenimiento*. Ellman, Sueiro y Asociados. Obtenido de http://www.mantenimientoplanificado.com/articulos_rcm_archivos/OPTIMIZACION%20MANTENIMIENTO.pdf
- Srinivasan, A., & Kurey, B. (2014). Creating a quality culture. *Harvard business review*. Retrieved from www.hbreprints.org
- Tavares, L. (1999). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Novo Polo Publicacoes.
- Thomas, S., & O'Hanlon, T. (2017). Sistema computarizado de gestión del mantenimiento - Estudio de mejores prácticas de CMMS. *Reliabilityweb.com*. Obtenido de <http://www.reliabilityweb.com>.
- Tomasson, M., & Wallin, J. (2013). Cost of poor quality; definition and development of a process-based framework (Tesis de maestría). *Chalmers University of Technology*.
- Trujillo, M. (2011). *Seguridad ocupacional* (Vol. 5a ed.). Ecoe ediciones.
- uptime. (2018). Para líderes en confiabilidad y profesionales en gestión de activos . *uptime magazine*. Obtenido de www.uptimemagazine.com
- Urrea, F. (2014). El desarrollo de nuevos productos de metal para audio en la industria automotriz en Tijuana, B.C. México. *Universidad Autónoma de Baja California*.
- Valdez, J. (2017). Tesis: IMPLEMENTACION DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO PARA AUMENTAR LA DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS TRACKLESS EN UCHUCCHACUA. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ*.
- Viveros, P., Stegmaier, R., Kristjanpoller, F., Barbera, L., & Crespo, A. (2013). Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*.
- Zapata, C. (2011). *Confiabilidad en Ingeniería*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, Colombia: Publiprint Ltda. Obtenido de cjzapata@utp.edu.co
- Zertuche, L., Rodríguez, R., Marroquín, E., Valencia, A., & Sánchez, S. (2012). APLICACIÓN DE UN MODELO PARA OBTENER LA CONFIABILIDAD DE DESEMPEÑO DE UN PRODUCTO

DEL RAMO AUTOMOTRIZ. *Revista de la Ingeniería Industrial*. Obtenido de AcademiaJournals.com

Anexo 1. Instrumento de medición

Escala de Likert

1. Totalmente de acuerdo
2. Muy de acuerdo
3. De acuerdo
4. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
5. Un poco en desacuerdo
6. En desacuerdo
7. Totalmente en desacuerdo

Capital Humano.

#	Ítem - Cuestionario	1	2	3	4	5	6	7
1	CH 1.1.1¿El departamento de mantenimiento cuenta con un plan de entrenamiento?							
2	CH 1.1.2¿El departamento de mantenimiento cuenta con entrenamiento que me ayudan a desempeñar mejor mi trabajo?							
3	CH 1.1.3¿Hay un grupo de entrenadores que se encarga de administrar los entrenamientos?							
4	CH 1.2.1¿El departamento de mantenimiento cuenta con estrategias de motivación?							
5	CH 1.2.2¿Consideras que el departamento de mantenimiento promueve actividades que te motivan?							
6	CH 1.2.3¿Te sientes motivado al realizar tus actividades diarias?							
7	CH 1.3.1¿Recibo retroalimentación de mi jefe directo frecuentemente?							
8	CH 1.3.2¿Soy informado con anticipación de mi horario de trabajo y de los cambios de turno?							
9	CH 1.3.3¿Estoy informado de las prioridades del departamento de mantenimiento?							
10	CH 1.4.1¿Me siento comprometido con mi trabajo?							

- 11 CH 1.4.2¿Estoy dispuesto a quedarme tiempo extra cuando es necesario?
- 12 CH 1.4.3¿Me siento parte del grupo de mantenimiento?
- 13 CH 1.5.1¿Las actividades que realizo son seguras?
- 14 CH 1.5.2¿Considero que los procedimientos estandarizados de trabajo priorizan la seguridad como tarea principal?
- 15 CH 1.5.3¿Me siento seguro al entrar a mi área de trabajo?
- 16 CH 1.6.1¿El departamento de mantenimiento tiene un plan de carrera para cada miembro del equipo?
- 17 CH 1.6.2¿Considero que el departamento de mantenimiento promueve el crecimiento profesional?
- 18 CH 1.6.3¿Hay oportunidades de crecimiento en el departamento de mantenimiento?

Sistemas y procedimientos

- 19 SP 2.1.1¿Considero que tienen un buen sistema de administración en el departamento de mantenimiento?
- 20 SP 2.1.2¿Por lo general el gasto planeado está muy cercano al gasto real?
- 21 SP 2.1.3¿Tengo conocimiento de las cuentas a las que impacto cuando saco material del almacén?
- 22 SP 2.1.4¿Tengo conocimiento del presupuesto mensual por cuentas del departamento de mantenimiento?
- 23 SP 2.2.1¿Tengo conocimiento de los principales indicadores del departamento de mantenimiento y conozco su significado?
- 24 SP 2.2.2¿Mis actividades están alineadas a los principales indicadores del departamento de mantenimiento?
- 25 SP 2.2.3¿Considero que los principales indicadores de mantenimiento son claros y retadores? (OA, MTTR, MTBF)
- 26 SP 2.3.1¿Considero que contamos con un buen sistema de administración de partes de repuesto?

- 27 SP 2.3.2¿Tengo conocimiento acerca del sistema de administración de mantenimiento computarizado? (CMMS)
- 28 SP 2.3.3¿Conozco las principales aplicaciones del sistema de administración de mantenimiento computarizado? (CMMS)
- 29 SP 2.3.4¿El departamento de mantenimiento tiene un buen sistema de CMMS?
- 30 SP 2.4.1¿La mayoría de las actividades que realizo cuentan con procedimientos de trabajo estandarizadas?
- 31 SP 2.4.2¿Tengo claros mis roles y responsabilidades?
- 32 SP 2.4.3¿El departamento de mantenimiento cuenta con procedimientos y tareas estandarizadas?

Administración de Activos

- 33 AA 3.1.1¿Los equipos de misión crítica cuentan con un equipo redundante?
- 34 AA 3.1.2¿Los equipos que cuentan con un sistema redundante tiene un estándar de activación claro y definido?
- 35 AA 3.1.3¿Los sistemas redundantes cuentan con un criterio de activación claro y definido?
- 36 AA 3.1.4¿Los sistemas redundantes cuentan con un procedimiento claro de operación?
- 37 AA 3.2.1¿Los mantenimientos preventivos están planeados de acuerdo con las condiciones de trabajo del equipo?
- 38 AA 3.2.2¿Los mantenimientos preventivos están bien distribuidos durante el año para equilibrar la carga de trabajo?
- 39 AA 3.2.3¿Por lo general se realizar las tareas que indican los mantenimientos preventivos?
- 40 AA 3.2.4¿Considero que los mantenimientos preventivos son muy efectivos?
- 41 AA 3.3.1¿Casi nunca realizamos mantenimientos correctivos no planeados?
- 42 AA 3.3.2¿Hay un estándar claro de manejo de mantenimientos correctivos no planeados?

- 43 AA 3.3.3¿Me siento preparado con herramienta y partes de cambio para hacer reparaciones no planeadas?
- 44 AA 3.4.1¿La estrategia de análisis de vibraciones es muy efectiva?
- 45 AA 3.4.2¿La estrategia de termografía es muy efectiva?
- 46 AA 3.4.3¿La estrategia de lubricación de calidad de maquinaria es muy efectiva?
- 47 AA 3.4.4¿El sistema de monitoreo en línea es muy efectivo?

Definición de estrategias

- 48 DE 4.1.1¿Conoce la definición de TPM (Mantenimiento Productivo Total)?
- 49 DE 4.1.2¿Utiliza TPM (Mantenimiento Productivo Total)? en sus actividades cotidianas?
- 50 DE 4.1.3¿Considera que el TPM (Mantenimiento Productivo Total)? le ayuda a mejorar la confiabilidad de sus equipos?
- 51 DE 4.2.1¿Conoce la definición de RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)?
- 52 DE 4.2.2¿Utiliza RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) en sus actividades cotidianas?
- 53 DE 4.2.3¿Considera que el RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) le ayuda a mejorar la confiabilidad de sus equipos?
- 54 DE 4.3.1¿Conoce la definición de Mejores prácticas como estrategia de gestión del mantenimiento?
- 55 DE 4.3.2¿Utiliza Mejores prácticas en sus actividades cotidianas?
- 56 DE 4.3.3¿Considera que las Mejores prácticas como estrategia de gestión de mantenimiento le ayuda a mejorar la confiabilidad de sus equipos?
- 57 DE 4.3.4¿Considera que los departamentos de mantenimiento deben contar con una estrategia clara y concisa?

Productividad

- 58 CONF 5.1.1 ¿El departamento de mantenimiento es confiable?
- 59 CONF 5.1.2 ¿El departamento de mantenimiento mantiene una disponibilidad operativa arriba del 98%?
- 60 CONF 5.1.3 ¿El departamento de mantenimiento busca y promueve actividades enfocadas en la resolución de la causa raíz de los problemas?

Costos

- 61 CONF 6.1.1 ¿El departamento de mantenimiento gasta con eficiencia su presupuesto?
- 62 CONF 6.1.2 ¿El departamento de mantenimiento promueve mejoras en reducción de costos?
- 63 CONF 6.1.3 ¿El departamento de mantenimiento no se excede en el presupuesto mensual?

Seguridad

- 64 CONF 7.1.1 ¿Las actividades que realizo son muy seguras?
- 65 CONF 7.1.2 ¿Considero que el departamento de mantenimiento promueve y gestiona actividades seguras?
- 66 CONF 7.1.3 ¿Los procesos de seguridad del mantenimiento son muy efectivos?

Calidad

- 67 CONF 8.1.1 ¿El departamento de mantenimiento promueve la mejora continua?
- 68 CONF 8.1.2 ¿Una de las prioridades del departamento de mantenimiento es la mejora continua?
- 69 CONF 8.1.3 ¿Hay un procedimiento claro para proponer y presentar mejoras?