



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

“OPTIMIZACIÓN DE LA BAJA DISPONIBILIDAD E IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO AMEF EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS GRÚAS REACH STACKER PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA APM TERMINALS CALLAO 2019”.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Industrial**

**Autores:**

Jhyn Frans Torpoco Delgadillo

Alcidez Villón Shishco

**Asesor:**

Ing. Richard Alex Farfan Bernales

Lima - Perú

2019

## ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El asesor Ing. Richard Alex Farfán Bernales, docente de la universidad Privada del Norte, Facultad de ingeniería carrera profesional de ingeniería industrial ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo del proyecto de investigación del (los) estudiante(s):

- Jhyn Frans Torpoco Delgadillo.
- Alcidez Villón Shishco.

Por cuando, **CONSIDERA** que el proyecto de investigación titulado OPTIMIZACION DEL DESEMPEÑO DE LAS GRUAS REACH STACKER EN EL AREA DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD APLICANDO EL METODO AMEF EN LA EMPRESA APM TERMINAL CALLAO 2019. Para aspirar al título profesional por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** al(los) interesado(s) para su presentación.

---

Ing. /Lic./Dr. Nombre y Apellido

Asesor

## **DEDICATORIA**

Este estudio de investigación está dedicado a Dios y a nuestra familia que fueron nuestro motor y esfuerzo para lograr el objetivo y desarrollo de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a la universidad por habernos aceptado para poder estudiar nuestra carrera y así también a nuestros diferentes docentes que nos brindaron sus conocimientos y apoyo, un agradecimiento especial a nuestro asesor el Ing. Richard Alex Farfán Bernales por guiarnos en nuestro proyecto con su experiencia.

## Tabla de contenido

### ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO .....	4
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN.....	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	28
CAPITULO IV. CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: fuente de informacion del PBI.....	11
Tabla 2: identificacion de problemas de mayor impacto.....	26
Tabla 3: problemas que presentan un mayor costo.....	27
Tabla 4. Distribucion de las revistas.....	28
Tabla 5: Resultados de la busqueda de la imforamcion cientifica.....	29
Tabla 6: investigacion de la AMEF por año.....	41
Tabla 7: investigacion del AMEF por temas.....	42
Tabla 8: division por sectores.....	437

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: figura de gruas reach stacker.....	14
Figura 2: diagarama de la disponibilidad de las gruas reach stacker.....	23
Figura 3: confiabilidad de las gruas reach stacker.....	24
Figura 4: diagrama de ishikawa.....	25
Figura 5: diagrama de pareto.....	27
Figura 6: distribucion de las revistas cientificas.....	28
Figura 7: distribucion de las revistas por año.....	41
Figura 8 distribucion de por temas.....	42
Figura 9: analisis por sector.....	43

## RESUMEN

Este trabajo muestra un principal problema en la producción de la empresa APM TERMINALS CALLAO en la recepción y despacho de carga. Hoy en día las empresas de servicio en el manejo de carga contenerizada, carga fraccionada, carga de proyecto, etc. Deben cumplir con estándares de calidad para poder ser líderes dentro del país, sin embargo, muchas empresas dentro del país carecen de objetivos, no buscan inversiones tecnológicas y nuevas estrategias, a consecuencia de no tener este interés pierden nivel de calidad y prestigio empresarial. El objetivo del proyecto es aplicar el método AMEF en el área de mantenimiento para mejorar el rendimiento de la grúa reach stacker, haciendo un seguimiento a las posibles causas y aplicando un plan de ajuste con los involucrados en el área, utilizando herramientas de ingeniería como Pareto y Ishikawa en el área de mantenimiento y en cuanto porcentaje no hace aumentar la productividad, ya que tiene un trato continuo dentro de la empresa; para posteriormente ver reflejados los cambios en un cuadro de disponibilidad de grúas Reach Stacker. Esta investigación se realizó con las fuentes de información como: Dialnet, Scielo, Redalyc y Google Académico, para saber qué tan efectivo es el método AMEF hoy en día. Por último, el trabajo plantea una planificación de un mejor control en las máquinas (grúas reach starcker), hallando su principal problema y haciéndole un buen mantenimiento para no generar gastos innecesarios en comprar piezas que no son y así aumentar la disponibilidad de las grúas.

**PALABRAS CLAVES:** Aplicación del método AMEF, aumento en la disponibilidad de la grúa, medición de indicadores de disponibilidad y mayor productividad.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, pocas empresas de servicio en el transporte de contenedores no hacen mantenimiento adecuado a sus grúas o realizan compra de nuevos equipos perdiendo así confiabilidad y calidad en el traslado de la carga, este problema con las grúas no solo afecta a la empresa APM TERMINALS CALLAO sino también a las empresas del mismo rubro que se dio a conocer mediante una encuesta, como consecuencia no se cumple los objetivos de la empresa que es disminuir los costos y aumentar la productividad. El área de mantenimiento es muy importante en toda empresa, por ello se debe hacer un seguimiento continuo a todas las maquinarias que están directamente conectados a la producción, según DUFFAA (2015) es necesario asegurar que los trabajadores y las herramientas requeridos estén disponibles antes de poder programar un mantenimiento a la máquina. No teniendo buen control de los equipos generaría pérdidas por paradas imprevistas en la producción o disminución de clientes por entregas retrasadas.

MALDONADO Y SIGUEÑZA (2014) nos dice que en la empresa Dynasty Mining (Ecuador), su equipo de maquinaria pesada no existe una planificación que permita llevar el verdadero control de las diferentes actividades de mantenimiento que se realiza a cada máquina es por ello que presentan averías con mayor frecuencia. En los países sudamericanos como Chile, Argentina, Brasil, Colombia, Ecuador y Venezuela han logrado conocimientos de buenas prácticas en el mantenimiento de sus maquinarias, logrando así mejorar la productividad de la empresa. Aplicando el método AMEF en los últimos 5 años, obteniendo buenos resultados. Teniendo en cuenta lo mencionado, este proyecto tiene como objetivo aumentar el tiempo de vida de las grúas reach stacker, un

mejor control en el mantenimiento, reducción en el tiempo de mantenimiento y paradas innecesarias en la producción de la empresa APM TERMINALS CALLAO.

Damos como inicio a la investigación analizando y estudiando las 15 Grúas Reach Stacker, que presentan paradas continuas. Estas averías ocasionan altos costos de mantenimiento y generan pérdida por su indisponibilidad. Una vez identificado los equipos y problemas, aplicaremos el método AMEF en el área de mantenimiento, para minimizar las fallas más frecuentes haciendo un seguimiento continuo. Por último, después de hacer seguimiento un período ya aplicando el método AMEF, se evaluará si fue viable y que tanto disminuyó las fallas más frecuentes de esa manera se busca el aumento de la productividad y la disponibilidad. Según el diario Gestión nos menciona el impacto de la manufactura en el PBI junio 2017.

En el sector de manufactura creció un 3.5%. Entre las ramas industriales que aumentaron sus niveles de producción figuran la industria alimenticia 23.7%, otras industrias manufactureras 12.4% y la industria química 02%. También nos menciona el impacto de las importaciones de maquinaria pesada. Disminuyó la compra de equipos de transmisión y comunicaciones un -6.6%, diésel -10%, maquinarias para la industria un 20.7% y otras maquinarias en general -0.3%.

Tabla: 1

*Fuente de información del PBI en el Perú*

PERÚ: PRODUCTO BRUTO INTERNO SEGÚN ACTIVIDAD ECONÓMICA, 2007 - 2016  
(Variación porcentual del índice de volumen físico)  
Año Base 2007=100

Actividad	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Economía Total (PBI)</b>	<b>8,5</b>	<b>9,1</b>	<b>1,1</b>	<b>8,3</b>	<b>6,3</b>	<b>6,1</b>	<b>5,9</b>	<b>2,4</b>	<b>3,3</b>	<b>3,9</b>
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	3,3	8,0	0,9	4,2	4,0	6,3	1,1	1,3	3,0	1,8
Pesca y acuicultura	9,3	3,0	-4,7	-27,8	61,7	-36,2	23,0	-28,7	15,9	-10,1
Extracción de petróleo, gas y minerales	4,2	8,1	0,6	1,4	0,3	1,8	5,1	-1,6	9,5	16,3
Manufactura	10,6	8,5	-6,5	10,1	8,3	1,3	5,2	-1,1	-1,7	-1,6
Electricidad, gas y agua	9,2	8,0	1,0	8,7	8,2	5,9	3,4	5,2	6,0	7,3
Construcción	16,6	16,9	6,5	17,0	3,6	15,9	9,4	1,8	-5,8	-3,1
Comercio	10,3	10,7	-0,8	11,9	8,6	8,5	4,9	1,9	4,0	1,8
Transporte, almacenamiento, correo y mensajería	10,2	9,0	-0,9	13,2	11,4	7,0	6,6	2,2	2,7	3,4
Alojamiento y restaurantes	9,1	10,3	0,6	7,4	11,1	10,8	6,8	5,2	3,0	2,6
Telecomunicaciones y otros servicios de información	31,7	17,1	8,1	10,1	11,5	12,2	8,7	8,6	9,3	8,1
Servicios financieros, seguros y pensiones	12,8	6,4	8,1	10,0	10,8	9,6	9,7	12,8	9,7	5,4
Servicios prestados a empresas	15,0	12,3	2,5	11,6	9,3	7,2	7,3	4,6	4,6	2,2
Administración pública y defensa	1,8	7,7	18,2	8,1	4,3	8,1	3,9	5,3	3,9	4,6
Otros servicios	5,0	4,0	2,8	3,6	4,0	4,6	4,5	4,1	4,5	4,1
<b>Total Industrias (VAB)</b>	<b>8,6</b>	<b>8,7</b>	<b>1,2</b>	<b>7,7</b>	<b>6,5</b>	<b>5,8</b>	<b>5,6</b>	<b>2,3</b>	<b>3,5</b>	<b>4,0</b>
DM-Otros Impuestos a los Productos	7,5	13,5	0,3	14,9	4,8	9,5	7,9	2,8	0,4	2,4

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 1. Tipo de estudio

Para el estudio y fundamentación de este proyecto de tesis, se utilizará la metodología de recopilación bibliografía tanto nacional como internacional, de los cuales se toma como referencia los datos que se mostrará según el desarrollo de la investigación. La pregunta para esta investigación es planteada de la siguiente manera: ¿De qué manera contribuye el método AMEF en el área de mantenimiento?

A través del AMEF o como también sus siglas en inglés (FMEA), nos va permitir reducir la cantidad de fallas que presentan los equipos, esto se puede interpretar como: El Modo de falla y el Análisis de efectos (FMEA) es una técnica sistemática para explorar los posibles modos de falla de componentes o subsistemas individuales y determinar sus efectos potenciales a nivel del sistema (Molnár, V. y Majzik, I., 2017, p. 132). Con la finalidad de incrementar la disponibilidad de las grúas reach stacker usaremos este método del Análisis del Modo y Efecto de Fallas, ya que es necesario implementar tal como sugieren los expertos en mantenimiento: se propone una herramienta en el área de mantenimiento para evaluar la confiabilidad de equipos en su estado crítico, con el objetivo de brindar criterios para mejorar la toma de decisiones en un proceso de mantenimiento (Gasca, Maira C, Camargo, Luis L, & Medina, Byron., 2017, p. 111).

En la actualidad la industria busca una mejora continua para estar a la vanguardia de las grandes industrias modernas, es por esta razón que vamos utilizar este método Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF), mediante este método identificaremos los principales problemas (fallas, errores) a su vez conoceremos los efectos causados dentro de un sistema de estudio, a fin de reordenar, clasificar e identificar, para efectuar estrategias de respuesta inmediata, para prevenir, ejecutar, mantener y mejorar el sistema en estudio.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Marco de referencia conceptual.**

- **Maquinaria Pesada.**

Nos referimos como maquinaria pesada a cualquier equipo móvil, mecánico, eléctrico e hidráulico, ya sea móvil o estacionario, que son utilizadas de forma exclusiva en obras industriales y que poseen diversos sistemas mecánicos e hidráulicos para realizar trabajos que requieren gran capacidad de carga o esfuerzo, los cuales son utilizados en diversos sectores como construcción, minería, transporte, naval o portuario.

- **Reach Stacker.**

Es una grúa móvil que posee múltiples funciones como soportar el apilamiento de los contenedores, cuenta con un Spreader regulable con la cual puede cargar un contenedor de 20, 40 y 45 pies, que se encuentran en los patios, permite trasladar y colocar los contenedores sobre los camiones durante las operaciones de carga y descarga en los patios, muelles y bodegas; en caso de cargas especiales necesariamente se tiene que colocar las eslingas o cadenas para facilitar el desplazamiento de carga no estandarizada y de forma irregular.

*Figura 1:* Grúa Reach stacker



*FUENTE:*

<https://www.google.com/search?q=reach+stacker+hyster&rlz=1C1CHBD>

- **Contenedores.**

Son estructuras diseñadas para carga que pueden transportar mercaderías, cuyo diseño dota de componentes que permiten su fácil manejo entre los diferentes tipos de transporte, esta forma de diseño de estos contenedores protege de todos los agentes a las mercancías o carga que transporta, estas son fabricadas de acuerdo a estándares internacionales ISO (International Standardization Organization). Podemos mencionar algunas de sus particularidades que tienen estos contenedores:

- Estructura fabricada a base de metal que le hace resistente ante las manipulaciones de carga y descarga además se pueden ser recicladas y utilizadas para otras necesidades.
- Diseño compacto para un fácil transporte sin la necesidad de manipular la carga que contiene internamente.
- Los contenedores son construidos en varias medidas para facilitar el transporte de las mercaderías estas pueden ser de: 20 pies, 40 pies y 45 pies.

- **Método de análisis de modo y efecto de falla (AMEF).**

El AMEF es utilizado como una herramienta de calidad, mediante la cual se controla y mejora los procesos de producción, permitiendo analizar y estudiar el desempeño para detectar alguna falla y buscar la optimización del desempeño. Según Cabezas A, (2017), en su tesis Evaluación del

proceso de elaboración de pan en la empresa Palpes S.A. a través de este análisis del modo y efecto de falla (AMEF), de la facultad de pos-grado de la prestigiosa universidad UDLA, informa que Según el libro “Lean Company” el AMEF es uno de los métodos más utilizado para identificar, evaluar y mitigar los riesgos asociados a catástrofes potenciales de falla de un producto en un proceso o en un sistema (Socconini, 2014, p.399).

Entonces el método AMEF será utilizado para evitar posibles fallas, en los equipos Reach Stacker, reduciendo riesgos en el procedimiento para entregar los diversos contenedores de carga en óptimas condiciones. Brindando confianza en los clientes o usuarios de la empresa APM TERMINALS CALLAO; pero con el objetivo principal de optimizar el desempeño en las actividades que realizan las grúas REACH STARCKER.

### **3. Metodología de la investigación**

En el marco teórico conceptual se analizaron los principales conceptos que envuelven el tema principal que es la aplicación del método AMEF en las grúas REACH STARCKER para la optimización del desempeño del proceso de carga y descarga, para ello se definirá la metodología para la elaboración del trabajo.



### 3.1. Tipo de investigación

El tipo de Investigación se desarrolló en base a la recolección de información, para cuantificar el enfoque, así ver la problemática y dar una solución viable.

- **Exploratoria:** Mediante esta herramienta podemos obtener y recopilar una gran cantidad de datos las cuales nos servirán para un adecuado estudio, a la vez esto contribuye en el incremento de credibilidad, de realizar lineamientos para futuros procedimientos la búsqueda y análisis de diversas materias de investigación como los libros, papers y páginas web concluye con una investigación exitosa.
- **Descriptiva:** Información útil para analizar, conocer, anotar toda fuente de información como soporte para el planteamiento inicial, siendo muy importante el uso del análisis y el estudio de la documentación. Para ello se recurrió a la data proporcionada por la empresa donde se pudo acceder a los datos documentados físicamente work order (Orden de Trabajo) y a una base de datos en el sistema IFS y los reportes diarios en Excel.
- **Evaluativa:** Se estudia el problema a fin de llegar a una conclusión positiva con la cual se da los lineamientos esperando que impacte en los resultados proyectados en el tiempo.

#### 4. Desarrollo de la aplicación

APM TERMINALS CALLAO es una empresa administradora del muelle norte del puerto del callao dedicada a operar puertos marítimos, que cuenta con un conglomerado de negocios; donde se busca a través del método AMEF optimizar el desempeño y la disponibilidad de las grúas REACH STARCKER, para obtener un servicio sostenible y de calidad hacia el cliente. Apm Terminals Callao, para realizar los diferentes mantenimientos cuenta con un taller de mantenimiento conformado por sub áreas como:

- Área de lavado con una capacidad de lavar dos equipos simultáneame.
- Área de Llantería equipada con todas las herramientas necesarias para realizar los trabajos de reparación y cambio de neumáticos, además cuanta con el apoyo de una empresa tercera como es Neuma para el soporte técnico, y logístico.
- Área Tornería, esta área también equipada con las herramientas necesarias para reparar y diseñar piezas cuando se requiere con urgencia y componentes de fácil diseño y fabricación.
- Área de soldadura, también equipada con las herramientas necesarias para realizar trabajos de maestranza, la cual también está integrada de personal de una empresa tercera que es Fyrcom SAC.
- Área de pintura, equipada con herramientas necesarias para realizar el pintado a todos los equipos.
- Área o pañol de herramientas, es aquella que facilita de herramientas y equipos a los técnicos para realizar los diferentes tipos de trabajo.

- Área de almacén, cuenta con los diferentes stocks de insumos, repuestos, equipos y herramientas, para el mantenimiento adecuado de los equipos, muchos de los repuestos cuentan con un stock de seguridad.
- Área de planin, encargada de recopilar y manejar todos los datos e información necesaria para la ejecución en la programación de los mantenimientos de los diferentes tipos de equipos, para ello utiliza un sistema ERP llamada IFS.
- Área de biblioteca o sala técnica, área equipada con los manuales de todo el equipo, diseñada para que cada técnico pueda consultar los manuales para los diferentes tipos de trabajo y para realizar de un repuesto o componentes utilizando su número de parte.
- Área de trabajo, área netamente diseñada y equipada para realizar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo, diseñada con seis hangares y dos de ellas netamente para las Reach stacker, la cual cuenta con una zanja para el drenado de aceite, dotada de surtidores de los diferentes tipos de lubricantes y combustibles.

#### **4.1. Indicadores utilizados por la empresa Apm Terminals Callao**

En el área de planin se desarrollan diferentes tipos de indicadores, basados en un software IFS, la cual es usada en todas instalaciones de Apm Terminals, distribuidas en los diferentes países, alguno de estos indicadores

sirve para el área de Operaciones y otras netamente para el área de mantenimiento.

- AO: Apoyo a Operaciones (apoyo en traslado o dato técnico)
- BD: Breack Down (descompostura)
- CM: Corrective Maintenance (Mantenimiento Correctivo)
- DAMAGE: Daño en el equipo por parte de operaciones
- AO/NF: Apoyo a operaciones por mala operación
- DISPONIBILIDAD
- CONFIABILIDAD

De los cuales desarrollaremos a mayor detalle dos tipos de indicadores las cuales son utilizadas tanto por el área de mantenimiento con también por parte del área de operaciones.

- ✓ **Disponibilidad:** Indicador muy utilizado en todo campo, hace referencia de que tanto el equipo está siempre operativo para que el área de operaciones planifique y ejecute las labores en el traslado, recepción y despacho de contenedores con el equipo.

$$\text{Disp.} = \frac{\text{N}^\circ \text{ total de horas} - \text{horas por mantenimiento}}{\text{N}^\circ \text{ total de horas}}$$

- ✓ **Confiabledad:** Indicador utilizado por la empresa para realizar un informe basado en el número de fallas atendidas, la cual se registra a diario para su análisis de manera semanal. Para ello se emplea la herramienta MTBF.
- ✓ **MTBF:** Tiempo Medio Entre Fallas, instrumento ideal para referirse al tiempo empleado para reparar las fallas presentadas inesperadamente en los equipos en plena operación.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{tiempo de operaciones en un determinado tiempo}}{\text{N}^\circ \text{ total de fallas presentadas en el tiempo del periodo}}$$

#### 4.2. Población y muestra

La cantidad de la población es 15 unidades de equipos Reach stacker de la empresa Apm Terminals Callao. La muestra de la investigación es igual a la población que representa igual a las 15 grúas Reach stacker de la empresa Apm Terminals Callao.

#### 4.3. Recolección de información para aplicar el método AMEF

Para poder establecer procedimientos e implementar este método del AMEF para el mantenimiento de las grúas reach stacker en el área de mantenimiento de la empresa Apm Terminals callao, realizaremos una investigación exhaustiva a fin de

encontrar una viabilidad e ideas claras para finalmente tomar decisiones y plasmar los pasos a seguir para aplicar este método AMEF con la finalidad de mejorar la disponibilidad de las grúas reach stacker; para ello recurriremos a las diversas fuentes de información y buscadores de revistas científicas, a fin de recopilar artículos científicos, que finalmente nos servirá de base para llevar adelante la propuesta de implementar el método AMEF, para utilizaremos los principales buscadores como: Dialnet, Scielo, Redalyc, Mendelex y Google. También se recurrió a la data proporcionada por la empresa Apm Terminals Callao donde se pudo acceder a los datos documentados físicamente work order (Orden de Trabajo) y a una base de datos en el sistema IFS y los reportes diarios en Excel, las cuales nos sirven para analizar las condiciones actuales de los mantenimientos realizados en las grúas reach stacker, es partir de ello que se sugiere aplicar el método AMEF.

Como resultado de la recolección de información se obtuvo los siguientes indicadores, a partir de datos reales.

### Disponibilidad de las grúas reach stacker

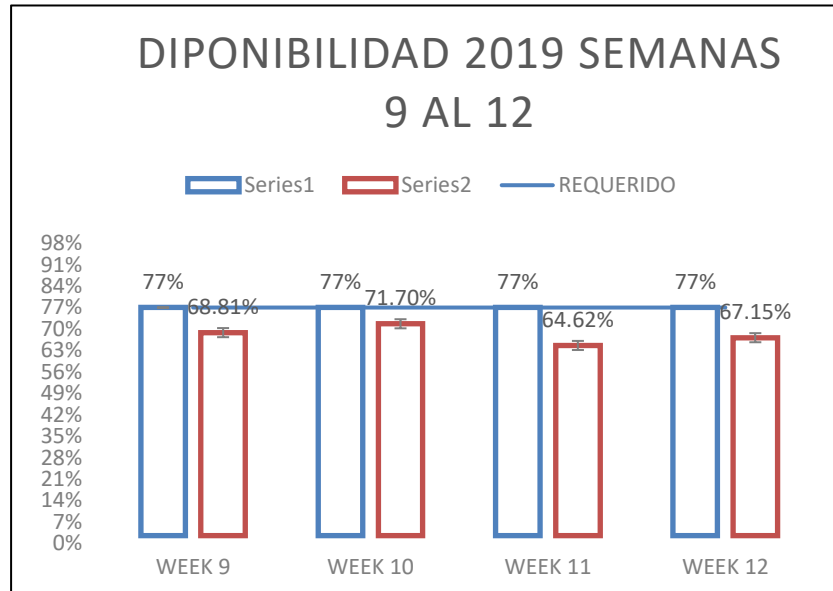
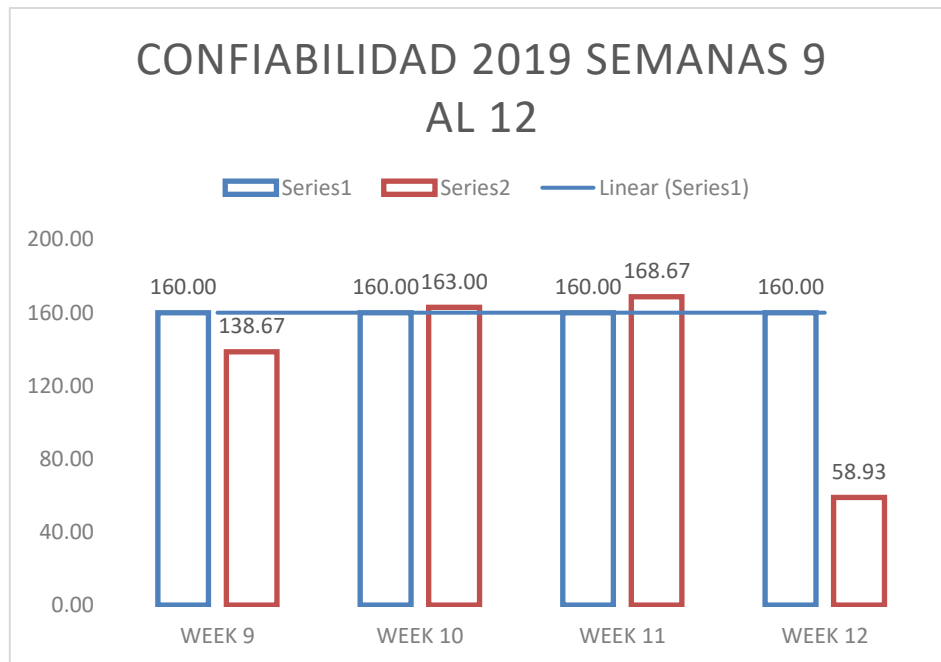


Figura 2: Diagrama de disponibilidad de las Grúas Reach Stacker en la empresa.

Según podemos observar en el gráfico las líneas de color azul es el tope mínimo para la disponibilidad de estas grúas, la cual en porcentaje es 77% a mas, y las barras de color rojo muestran la disponibilidad real de la grúa, y tal como se puede observar están muy por debajo del límite establecido, así tenemos para la semana 9 un 68.81%, para la semana 10 un 71.70%, para la semana 11 un 64.62% y finalmente para la semana 12 un 67.15%, a partir de estos datos podemos ver reflejados una caída consecutiva semana tras semana la disponibilidad de estas grúas reach stacker, por ello la necesidad de implementar, desarrollar y monitorear una mejora continua a partir del método AMEF.

### Confiabilidad de las grúas reach stacker



*Figura 3:* Confiabilidad de las grúas reach stacker

Según el gráfico las líneas punteadas en amarillo es el tope mínimo para la confiabilidad de las grúas, la cual en valor numérico sería 160 a más, y las barras de color rojo muestran la confiabilidad real de las grúas, y tal como se puede observar están muy por encima del límite establecido en la segunda y tercera semana, así tenemos para la semana 9 un 138.67, para la semana 10 un 163 para la semana 11 un 168.67 y finalmente para la semana 12 un 58.93, a partir de estos datos podemos ver reflejados una subida casi repetitivo en dos semanas seguidas, reflejando una mayor cantidad paradas de las grúas ello impacta en la confiabilidad de estas grúas reach stacker, por ello la necesidad de implementar, desarrollar y monitorear una mejora continua a partir del método AMEF. Una vez identificadas las causas o fallas lo llevamos a evaluación a través del Ishikawa,



clasificando en método, maquinaria, mano de obra, equipos y herramientas, para localizar cual es el problema que más impacta en la disponibilidad de las grúas.

### Diagrama de Ishikawa

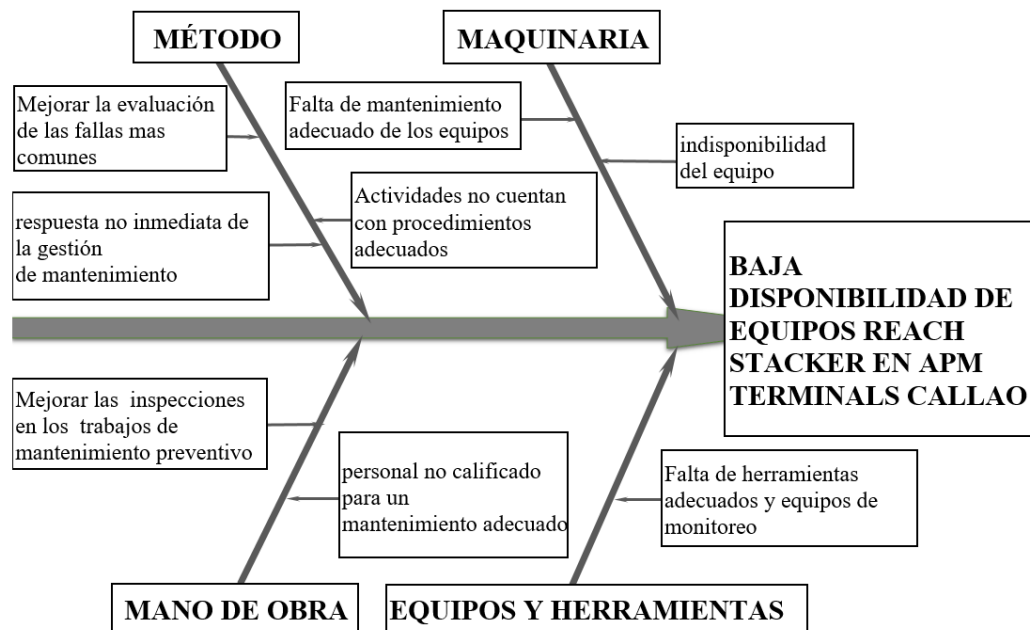


Figura 4: Diagrama de Ishikawa

Después de evaluar las causas que disminuyen la disponibilidad de las grúas ordenamos de forma descendente los valores para hacer una mejor evaluación llevándolo a un Pareto.

Tabla: 2

*Identificación de los problemas de mayor impacto*

Ítem	tipo de defectos ubicados	semana 1	Porcentaje	S. acumulada	P. Acumula	80 - 20
1	falta de mantenimiento adecuado de los equipos	8	38%	8	38%	80%
2	respuesta no inmediata de la gestión de mantenimiento	7	33%	15	71%	80%
3	personal no calificado para un mantenimiento adecuado	3	14%	18	86%	80%
4	Falta de herramientas adecuados y equipos de monitoreo	2	10%	20	95%	80%
5	indisponibilidad del equipo	1	5%	21	100%	80%
	<b>total</b>	<b>21</b>	<b>100%</b>			

Una vez ordenado los valores lo representamos mediante un diagrama de Pareto para así visualizar de manera gráfica el mayor problema, para la toma de decisión correcta.

Tabla: 3

*Problemas que representan un mayor costo*

	COSTO UNIT. \$	TOTAL \$	OBSERVACIÓN
FALTA DE UN CORRECTO MANT.	312,50	2.500,00	Monto que representa una pérdida para la empresa
GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	200,00	1.400,00	Monto que la empresa invierte en reparar una falla
PERSONAL	8,40	201,60	Mano de obra del personal
HERRAMIENTAS	20,00	40,00	Monto que invierte en comprar material o herramientas
INDISPONIBILIDAD	8,40	8,40	Monto que paga la empresa sin hacer nada al personal

### Diagrama de Pareto

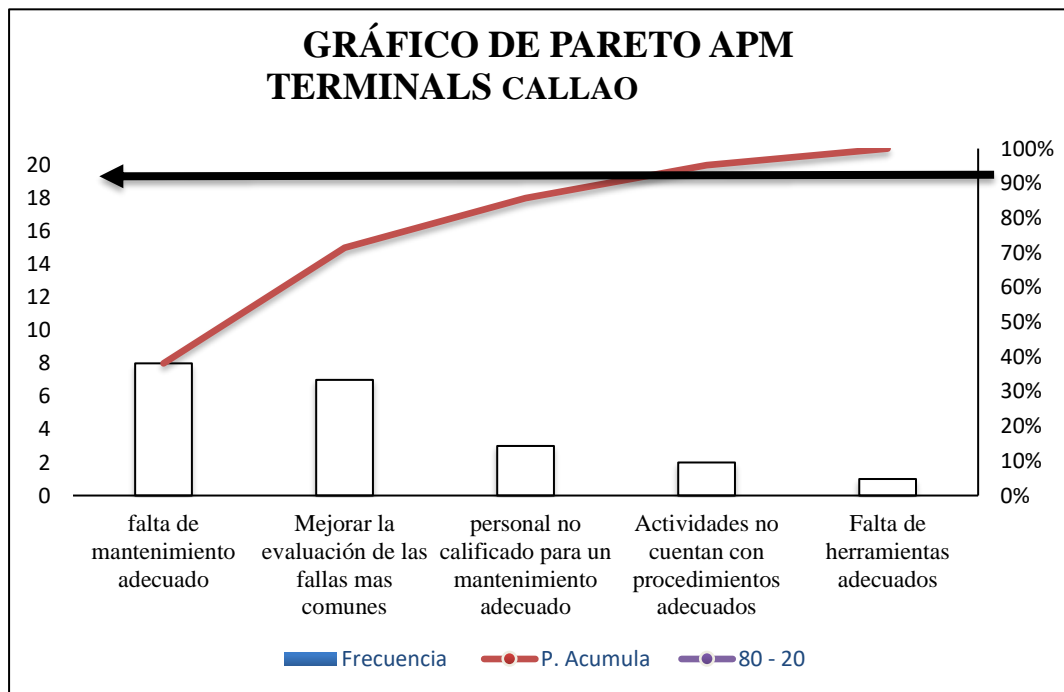


Figura: 5: Diagrama de Pareto

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

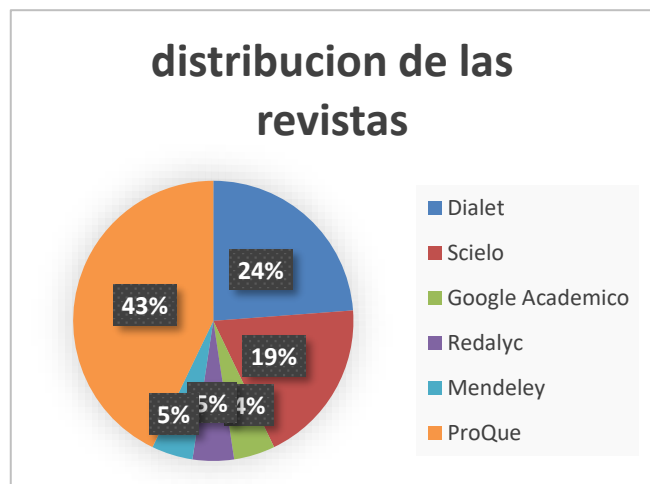
### Resultado de la Búsqueda

Para llevar a cabo nuestra investigación recurrimos a las diversas fuentes de información y buscadores de revistas científicas, recopilando un total de 12 artículos científicos, dicha búsqueda fue realizada y recopilada información como máximo con 5 años de antigüedad desde el 2014 al 2019, a continuación de detallamos la lista de los principales buscadores utilizados: Dialnet, Scielo, Redalyc, Mendelex y Google Académico, a continuación, enumeramos cada uno con su cantidad.

Tabla: 4

*Distribución de las revistas*

Revistas científicas	Cantidades
Dialnet	5
Scielo	4
Google académico	1
Redalyc	1
Mendeley	1
ProQuest	9



*Figura 6: distribución de las revistas*

Seguidamente detallamos un cuadro completo de la búsqueda con las palabras claves que se utilizó, el título, autor y año. Como podemos observar la mayor información se encontró en la revista científica ProQuest con respecto al tema AMEF. Se utilizó revistas menores a 5 años con respecto del año 2019 y se puede observar que aún se sigue aplicando el método en otros países porque sigue siendo efectivo.

Tabla 5: Resultados de la búsqueda de la información científica

N°	Authors	Title	Year	Source title	Link	Affiliations	Abstract	Author Keywords
1	kelvin P.L, Jason Rotanson Chee Wah, Chan Alan H.S.	Application of fuzzy integrated FMEA with product lifetime consideration for new product development in flexible electronics industry	2019	Journal of Industrial Engineering and Management	Dialnet	spain	mantenimiento, criticidad, disponibilidad, falla, Weibull	New product development, risk management, failure mode and effect analysis, critical parameter management, advanced manufacturing, industry 4.0
2	Maira C, Luis L. Camargo, Byron Medicina.	Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial	2017	Información Tecnológica	Dialnet	chile	otorga una herramienta que evalúa la confiabilidad de las máquinas para una buena toma de decisión en su mantenimiento	mantenimiento, criticidad, disponibilidad, falla, Weibull
3	Jae-Seong Jeong, Won-kyoung Lee, Chung-Kuk Lee, Joongho Choi.	Lifetime and failure analysis of perovskite-based ceramic NTC thermistors by thermal cycling	2017	Revista Electrónica de Investigación Educativa	Dialnet	Netherlands	aplicación del método AMEF en un termistor cerámico NTC dando resultados favorables en la solución del problema.	
4	Theodore Panagiotidis.	Special issue on AMEF 2016: Introduction	2016	Economics and Business Letters	Dialnet	spain	teoría aplicada del AMEF en la macroeconomía y finanzas empíricas.	
5	Shuo-Fang Liu, Jui-Hung, Yann-Long Lee, Feng-Ru Gau	A case study on FMEA-based quality improvement of packaging designs in the TFT-LCD industry	2016	Total Quality Management and Business Excellence	Dialnet	United Kingdom	Implementación de implementación de calidad (QFD) y los requisitos de progreso y de análisis (FMEA).	

6	Authors and affiliations	Comparison of the FMEA and STPA safety analysis methods—a case study	2019	Software Quality Journal	Google Académico	Netherlands	FMEA y STPA proporcionan similares análisis de resultados.	Hazard analysis Safety analysis Critical systems Failure mode and effect analysis System theoretic process analysis
7	Passarella, C. (2018).	Modos de falla y análisis de efectos	2018	ingeniare. Revista chilena de ingenieria	Mendeley	Chile: Universidad Tarapacá.  Sede Arica. Dpto. de Antropología	clasificar los modos de falla de acuerdo con la gravedad del peor de los casos del efecto final	Modos de falla y análisis de efectos
8	Mariane Helena Sances, Eric Keven Silva, Alexandre de Paula Peres.	Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal	2014	Engenharia Sanitaria e Ambiental	ScieLO	Brasil: Associacao Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental	El AMEF es un método de análisis de producto o proceso para detectar y eliminar problemas potenciales de forma sistemática y completa	abate de bovino; abate de suíno; controle de poluição; aguas residuárias
9	Amparo Zapata-Gomez	Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos	2014	Ingeniería y Universidad	ScieLO	Colombia : Pontificia Universidad Javeriana	el diseño concurrente, el despliegue de la función, el análisis de valor, el control estadístico de proceso y el AMEF, están positivamente correlacionadas	Análisis de modo de efecto de fallas, análisis de valor, control estadístico de proceso, diseño concurrente, despliegue de la función calidad
10	Alejandro German Frank, Danilo Cuzzuol Pedrini, Marcia Elisa Echeveste, Jose Luis Duarte Ribeiro	Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos	2014	Production	ScieLO	Brazil: Associacao Brasileira de Engenharia de Producao	integración del QFD y de la FMEA, permitiendo decidir qué características de calidad y confiabilidad	QFD. FMEA. Qualidade. Confiabilidade. Desenvolvimento de produto.

11	Pauli Adriano dde Almada Garcia.	Uma abordagem via análise envoltória de dados para o estabelecimento de melhorias em segurança baseadas na FMEA	2014	Gestao e Producao	ScieLO	Brazil: Universidade Federal de Sao Carlos	directrices de mejora para los modos de fallo identificados en el análisis de los modos y efectos de fallo (FMEA)	Análise de falha. FMEA. Análise envoltória de dados. Número de priorização de riscos. Análise de risco.
12	Frank Alejandro German, Cuzzuol Pedrini Danilo, Echeveste Marcia Elisa, Duarte	Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos	2014	Gestao e Producao	Redalyc	Brazil: Universidade Federal de Sao Carlos	integración de QFD y FMEA, que permite conocer las características de la calidad y la confiabilidad	QFD. FMEA. Qualidade. Confiabilidade. Desenvolvimento de produto.
13	Parque, Jihyun ; Park, Changsoon ; Ahn, Suneung	Evaluación de riesgos estructurales mediante el FMEA euclidiano ponderado difuso y análisis de diagrama de bloques	2018	La revista internacional de tecnología de fabricación avanzada ; Heidelberg	ProQuest	Países Bajos	Los resultados de la comparación con los métodos de FMEA anteriores muestran que el método propuesto no solo supera las deficiencias de los métodos de FMEA anteriores, como la distorsión de RPN, sino que también es útil para evaluar los riesgos estructurales que implican la influencia funcional entre riesgos.	Modo de falla y análisis de efectos ; Fuzzy ponderada euclidiana ; Análisis de diagrama de bloques ; Importancia relacional ; Importancia estructural

14	Orouei, Mehrddad ; Jahan, Ali	Evaluación de riesgos en el modo de falla y análisis de efectos ( FMEA ) con TOPSIS en un entorno difuso	2017	Revista Internacional de Perspectivas Económicas ; Mersin	ProQuest	Pavo mersin	Esto demuestra que la técnica FMEA evaluó los modos de falla en un sistema. De hecho, los modos de falla en el FMEA basado en TOPSIS (técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal) tienen la misma clasificación. Algunos modos de fallo en el FMEA convencional.tienen los mismos rangos. Por otro lado, la industria del automóvil, que se beneficia enormemente de la FMEA tradicional , se ha visto privada de los beneficios de la FMEA basada en reglas difusas (fuzzyFMEA ). Por lo tanto, el propósito de este documento es aplicar FMEA difusa para mejorar la calidad en la industria del automóvil.	Fábricas ; Subjetividad ; Análisis de fallos ; Evaluación de riesgos ; Cadenas de suministro
15	Geramian, Arash ; Mehregan, Mohammad Reza ; Garousi Mokhtarzadeh, Nima ; Hemmati, Mohammadreza	Aplicación del sistema de inferencia borrosa para el análisis de fallos en la industria del automóvil	2017	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido, Bradford	Este documento muestra una forma sencilla de estructurar mejor el proceso FMEA , facilitando reuniones con equipos multidisciplinarios.	Modos de falla ; Lógica difusa ; Sistemas difusos ; La toma de decisiones ; Optimización ; Coches compactos ; Análisis de fallos
16	de Aguiar, Dimas Campos ; Salomón, Valério Antonio Pamplona ; Mello, Carlos Henrique Pereira	Un enfoque basado en ISO 9001 para la implementación del proceso FMEA en la industria automotriz brasileña	2015	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido		Normas de calidad ; Análisis de fallos ; Estudios de caso ; Gestión de la calidad ; Normas ISO ; Industria del automóvil



17	Paciarotti, claudia ; Mazzuto, Giovanni ; D'Ettorre, Davide	Una aplicación revisada de FMEA a la gestión de control de calidad.	2014	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido	El propósito de este documento es proponer un sistema de análisis de efectos y modos de falla rentable, que ahorre tiempo y sea fácil de usar ( FMEA ) aplicado al control de calidad de los productos suministrados El propósito de este documento es establecer un entorno de desarrollo FMEA (PAFMEA) que tenga en cuenta el Proceso para enfrentar las principales deficiencias del Análisis de Efecto de Modo de Fallo ( FMEA ) con respecto al análisis de fallas en el mantenimiento. La gestión de riesgos es un problema importante en las empresas de fabricación en el competitivo mercado actual. El método de análisis de efectos y modos de falla ( FMEA ) es una herramienta de gestión de riesgos para estabilizar la producción y mejorar la competitividad del mercado mediante el uso de números de prioridad de riesgo (RPN).	Control de calidad ; Desarrollo de productos ; Estudios de caso ; Análisis de fallos ; Cadenas de suministro
18	Julio César Battirola Filho ; Piechnicki, Flávio ; Eduardo de Freitas Rocha Loures ; Eduardo Alves Portela Santos	Marco FMEA sensible al proceso para el análisis de fallas en el mantenimiento	2017	Diario de gestión de tecnología de fabricación	ProQuest	Reino Unido		Gestión de procesos ; Ingeniería industrial ; Proceso de jerarquía analítica ; Mantenimiento ; Evaluación de riesgos ; Análisis de fallos ; Gestión de mantenimiento
19	Baynal, K ; Sari, T ; Akpınar, B	Gestión de riesgos en procesos de fabricación automotriz basados en FMEA y análisis relacional de grises: un estudio de caso	2018	Avances en Ingeniería y Gestión de la Producción	ProQuest	Eslovenia		Gestión de riesgos ; Problemas ; Concurso empresarial ; Desarrollo de productos ; Análisis de fallos ; Modos de falla

20	Zhu, Wei ; Chen-yu, Li ; Xiao-yan, Xiao ; Xu, Wen-bin	Diagnóstico de vehículos de tránsito ferroviario urbano con FMEA y conjunto difuso	2015	Revista de Calidad en Ingeniería de Mantenimiento	ProQuest	Reino Unido	El propósito de este documento es desarrollar un tratamiento efectivo para analizar y diagnosticar la estrategia de mantenimiento de vehículos de tránsito ferroviario urbano (URT)	Mantenimiento ; Estrategia ; Conjuntos difusos ; Desarrollo de productos ; Modos de falla ; La toma de decisiones ; Teoría de conjuntos difusos ; Análisis de fallos
21	Stuchlý, Vladimír	Optimización de sistemas de mantenimiento con consideración de confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento	2015	Mecánica y Materiales Aplicados	ProQuest	Suiza	El aseguramiento de la calidad de la producción y los sistemas de mantenimiento asociados en las últimas décadas han cambiado mucho y están sujetos a cambios en los requisitos de confiabilidad. Confiabilidad y disponibilidad de maquinaria y equipo sujetos a los costos de mantenimiento óptimos	Disponibilidad ; Mantenimiento ; Costo de mantenimiento ; Calidad ; Confiabilidad

N°	Authors	Title	Year	Source title	Link	Affiliations	Abstract	Author Keywords
1	kelvin P.L, Jason Rotanson Chee Wah, Chan Alan H.S.	Application of fuzzy integrated FMEA with product lifetime consideration for new product development in flexible electronics industry	2019	Journal of Industrial Engineering and Management	Dialnet	spain	mantenimiento, criticidad, disponibilidad, falla, Weibull	New product development, risk management, failure mode and effect analysis, critical parameter management, advanced manufacturing, industry 4.0

2	Maira C, Luis L. Camargo, Byron Medicina.	Sistema para evaluar la confiabilidad de equipos críticos en el sector industrial	2017	Información Tecnológica	Dialnet	chile	otorga una herramienta que evalúa la confiabilidad de las máquinas para una buena toma de decisión en su mantenimiento	mantenimiento, criticidad, disponibilidad, falla, Weibull
3	Jae-Seong Jeong, Won-kyoung Lee, Chung-Kuk Lee, Joongho Choi.	Lifetime and failure analysis of perovskite-based ceramic NTC thermistors by thermal cycling	2017	Revista Electrónica de Investigación Educativa	Dialnet	Netherlands	aplicación del método AMEF en un termistor cerámico NTC dando resultados favorables en la solución del problema.	
4	Theodore Panagiotidis.	Special issue on AMEF 2016: Introduction	2016	Economics and Business Letters	Dialnet	spain	teoría aplicada del AMEF en la macroeconomía y finanzas empíricas.	
5	Shuo-Fang Liu, Jui-Hung, Yann-Long Lee, Feng-Ru Gau	A case study on FMEA-based quality improvement of packaging designs in the TFT-LCD industry	2016	Total Quality Management and Business Excellence	Dialnet	United Kingdom	Implementación de implementación de calidad (QFD) y los requisitos de progreso y de análisis (FMEA).	
6	Authors and affiliations	Comparison of the FMEA and STPA safety analysis methods—a case study	2019	Software Quality Journal	Google Académico	Netherlands	FMEA y STPA proporcionan similares análisis de resultados.	Hazard analysis Safety analysis Critical systems Failure mode and effect analysis System theoretic process analysis
7	Passarella, C. (2018).	Modos de falla y análisis de efectos	2018	ingeniare. Revista chilena de ingeniería	Mendeley	Chile: Universidad Tarapacá. Sede Arica. Dpto. de Antropología	clasificar los modos de falla de acuerdo con la gravedad del peor de los casos del efecto final	Modos de falla y análisis de efectos

“OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS GRÚAS REACH STARCKER  
EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD  
APLICANDO EL MÉTODO AMEF EN LA EMPRESA APM TERMINAL CALLAO 2018”

8	Mariane Helena Sances, Eric Keven Silva, Alexandre de Paula Peres.	Análise de Modos e Efeitos de Falha na avaliação dos impactos ambientais provenientes do abate animal	2014	Engenharia Sanitaria e Ambiental	ScieLO	Brasil: Associação Brasileira de Engenharia Sanitaria e Ambiental	El AMEF es un método de análisis de producto o proceso para detectar y eliminar problemas potenciales de forma sistemática y completa	abate de bovino; abate de suíno; controle de poluição; aguas residuárias
9	Amparo Zapata-Gomez	Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos	2014	Ingeniería y Universidad	ScieLO	Colombia : Pontificia Universidad Javeriana	el diseño concurrente, el despliegue de la función, el análisis de valor, el control estadístico de proceso y el AMEF, están positivamente correlacionadas	Análisis de modo de efecto de fallas, análisis de valor, control estadístico de proceso, diseño concurrente, despliegue de la función calidad
10	Alejandro German Frank, Danilo Cuzzuol Pedrini, Marcia Elisa Echeveste, Jose Luis Duarte Ribeiro	Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos	2014	Production	ScieLO	Brazil: Associação Brasileira de Engenharia de Producao	integración del QFD y de la FMEA, permitiendo decidir qué características de calidad y confiabilidad	QFD. FMEA. Qualidade. Confiabilidade. Desenvolvimento de produto.
11	Pauli Adriano dde Almada Garcia.	Uma abordagem via análise envoltória de dados para o estabelecimento de melhorias em segurança baseadas na FMEA	2014	Gestao e Producao	ScieLO	Brazil: Universidade Federal de Sao Carlos	directrices de mejora para los modos de fallo identificados en el análisis de los modos y efectos de fallo (FMEA)	Análise de falha. FMEA. Análise envoltória de dados. Número de priorização de riscos. Análise de risco.

12	Frank Alejandro German, Cuzzuol Pedrini Danilo, Echeveste Marcia Elisa, Duarte	Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos	2014	Gestao e Producao	Redalyc	Brazil: Universidade Federal de Sao Carlos	integración de QFD y FMEA, que permite conocer las características de la calidad y la confiabilidad	QFD. FMEA. Qualidade. Confiabilidade. Desenvolvimento de produto.
13	Parque, Jihyun ; Park, Changsoon ; Ahn, Suneung	Evaluación de riesgos estructurales mediante el FMEA euclidiano ponderado difuso y análisis de diagrama de bloques	2018	La revista internacional de tecnología de fabricación avanzada ; Heidelberg	ProQuest	Países Bajos	Los resultados de la comparación con los métodos de FMEA anteriores muestran que el método propuesto no solo supera las deficiencias de los métodos de FMEA anteriores, como la distorsión de RPN, sino que también es útil para evaluar los riesgos estructurales que implican la influencia funcional entre riesgos. Esto demuestra que la técnica FMEA evaluó los modos de falla en un sistema. De hecho, los modos de falla en el FMEA basado en TOPSIS (técnica para el orden de preferencia por similitud con la solución ideal) tienen la misma clasificación. Algunos modos de fallo en el FMEA convencional.tienen los mismos rangos.	Modo de falla y análisis de efectos ; Fuzzy ponderada euclidiana ; Análisis de diagrama de bloques ; Importancia relacional ; Importancia estructural
14	Orouei, Mehrdad ; Jahan, Ali	Evaluación de riesgos en el modo de falla y análisis de efectos ( FMEA ) con TOPSIS en un entorno difuso	2017	Revista Internacional de Perspectivas Económicas ; Mersin	ProQuest	Pavo mersin		Fábricas ; Subjetividad ; Análisis de fallos ; Evaluación de riesgos ; Cadenas de suministro

15	Geramian, Arash ; Mehregan, Mohammad Reza ; Garousi Mokhtarzadeh, Nima ; Hemmati, Mohammadreza	Aplicación del sistema de inferencia borrosa para el análisis de fallos en la industria del automóvil	2017	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido, Bradford	Por otro lado, la industria del automóvil, que se beneficia enormemente de la FMEA tradicional , se ha visto privada de los beneficios de la FMEA basada en reglas difusas (fuzzyFMEA ). Por lo tanto, el propósito de este documento es aplicar FMEA difusa para mejorar la calidad en la industria del automóvil.	Modos de falla ; Lógica difusa ; Sistemas difusos ; La toma de decisiones ; Optimización ; Coches compactos ; Análisis de fallos
16	de Aguiar, Dimas Campos ; Salomón, Valério Antonio Pamplona ; Mello, Carlos Henrique Pereira	Un enfoque basado en ISO 9001 para la implementación del proceso FMEA en la industria automotriz brasileña	2015	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido	Este documento muestra una forma sencilla de estructurar mejor el proceso FMEA , facilitando reuniones con equipos multidisciplinarios.	Normas de calidad ; Análisis de fallos ; Estudios de caso ; Gestión de la calidad ; Normas ISO ; Industria del automóvil
17	Paciarotti, claudia ; Mazzuto, Giovanni ; D'Ettoerre, Davide	Una aplicación revisada de FMEA a la gestión de control de calidad.	2014	La revista internacional de gestión de calidad y fiabilidad ; Bradford	ProQuest	Reino Unido	El propósito de este documento es proponer un sistema de análisis de efectos y modos de falla rentable, que ahorre tiempo y sea fácil de usar ( FMEA ) aplicado al control de calidad de los productos suministrados	Control de calidad ; Desarrollo de productos ; Estudios de caso ; Análisis de fallos ; Cadenas de suministro

“OPTIMIZACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS GRÚAS REACH STARCKER  
EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD  
APLICANDO EL MÉTODO AMEF EN LA EMPRESA APM TERMINAL CALLAO 2018”

18	Julio César Battirola Filho ; Piechnicki, Flávio ; Eduardo de Freitas Rocha Loures ; Eduardo Alves Portela Santos	Marco FMEA sensible al proceso para el análisis de fallas en el mantenimiento	2017	Diario de gestión de tecnología de fabricación	ProQuest	Reino Unido	<p>El propósito de este documento es establecer un entorno de desarrollo FMEA (PAFMEA) que tenga en cuenta el Proceso para enfrentar las principales deficiencias del Análisis de Efecto de Modo de Fallo ( FMEA ) con respecto al análisis de fallas en el mantenimiento.</p> <p>La gestión de riesgos es un problema importante en las empresas de fabricación en el competitivo mercado actual. El método de análisis de efectos y modos de falla ( FMEA ) es una herramienta de gestión de riesgos para estabilizar la producción y mejorar la competitividad del mercado mediante el uso de números de prioridad de riesgo (RPN).</p>	<p>Gestión de procesos ; Ingeniería industrial ; Proceso de jerarquía analítica ; Mantenimiento ; Evaluación de riesgos ; Análisis de fallos ; Gestión de mantenimiento</p>
19	Baynal, K ; Sari, T ; Akpınar, B	Gestión de riesgos en procesos de fabricación automotriz basados en FMEA y análisis relacional de grises: un estudio de caso	2018	Avances en Ingeniería y Gestión de la Producción	ProQuest	Eslovenia	<p>El propósito de este documento es desarrollar un tratamiento efectivo para analizar y diagnosticar la estrategia de mantenimiento de vehículos de tránsito ferroviario urbano (URT)</p>	<p>Gestión de riesgos ; Problemas ; Concurso empresarial ; Desarrollo de productos ; Análisis de fallos ; Modos de falla</p>
20	Zhu, Wei ; Chen-yu, Li ; Xiao-yan, Xiao ; Xu, Wen-bin	Diagnóstico de vehículos de tránsito ferroviario urbano con FMEA y conjunto difuso	2015	Revista de Calidad en Ingeniería de Mantenimiento	ProQuest	Reino Unido	<p>El propósito de este documento es desarrollar un entorno de desarrollo FMEA (PAFMEA) que tenga en cuenta el Proceso para enfrentar las principales deficiencias del Análisis de Efecto de Modo de Fallo ( FMEA ) con respecto al análisis de fallas en el mantenimiento.</p> <p>La gestión de riesgos es un problema importante en las empresas de fabricación en el competitivo mercado actual. El método de análisis de efectos y modos de falla ( FMEA ) es una herramienta de gestión de riesgos para estabilizar la producción y mejorar la competitividad del mercado mediante el uso de números de prioridad de riesgo (RPN).</p>	<p>Mantenimiento ; Estrategia ; Conjuntos difusos ; Desarrollo de productos ; Modos de falla ; La toma de decisiones ; Teoría de conjuntos difusos ; Análisis de fallos</p>

21	Stuchlý, Vladimír	Optimización de sistemas de mantenimiento con consideración de confiabilidad, disponibilidad y costos de mantenimiento	2015	Mecánica y Materiales Aplicados	ProQuest	Suiza	El aseguramiento de la calidad de la producción y los sistemas de mantenimiento asociados en las últimas décadas han cambiado mucho y están sujetos a cambios en los requisitos de confiabilidad. Confiabilidad y disponibilidad de maquinaria y equipo sujetos a los costos de mantenimiento óptimos	Disponibilidad ; Mantenimiento ; Costo de mantenimiento ; Calidad ; Confiabilidad
----	-------------------	--	------	---------------------------------	----------	-------	---	---

---

*Resultado de búsqueda de la información científica*



## Investigación del AMEF por año

Se encontraron 21 artículos en diferente base de datos como Dialnet, Scielo, Google Académico, Redalyc y Mendeley y ProQuets. Donde la mayor información de la aplicación del método AMEF fue en el año 2014 en los siguientes años se mantuvo constante (2015-16-17). Hasta el año actual 2019. Esto nos quiere decir que el método AMEF sigue siendo efectivo y confiable para mejorar un proceso o producto.

Tabla: 6

### *Investigación de AMEF por año*

Años de la Revistas científicas	Cantidades
2019	2
2018	2
2017	5
2016	2
2015	3
2014	7

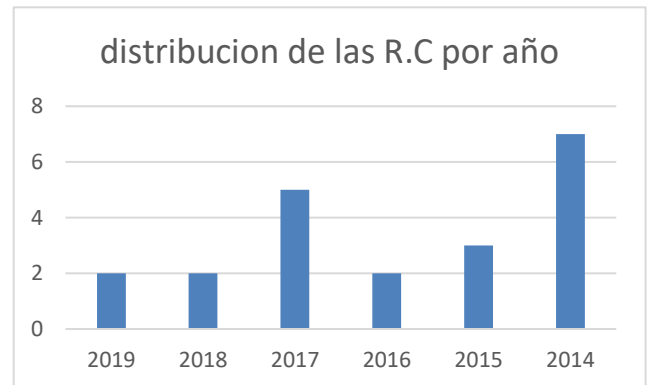


Figura: 7 Distribución de las revistas por año

## Investigación del AMEF por temas

Según la investigación realizada pudimos notar el desarrollo del AMEF en diferentes ámbitos, por ejemplo, del total de la investigación se ve que el 33% se concentra más en el tema de la confiabilidad, el 19% de la investigación arroja sobre eficiencia, los otros un promedio de 14% para el ámbito efectividad y finalmente el 14% al control

estadístico. Tiene los puntos más importantes que la empresa está buscando y es económico.

Tabla: 7

*Investigación de AMEF por temas*

Revistas científicas	Cantidades
confiabilidad	7
competitividad	2
Efectividad	3
Eficiencia	4
Metodología	2
Control estadístico	3

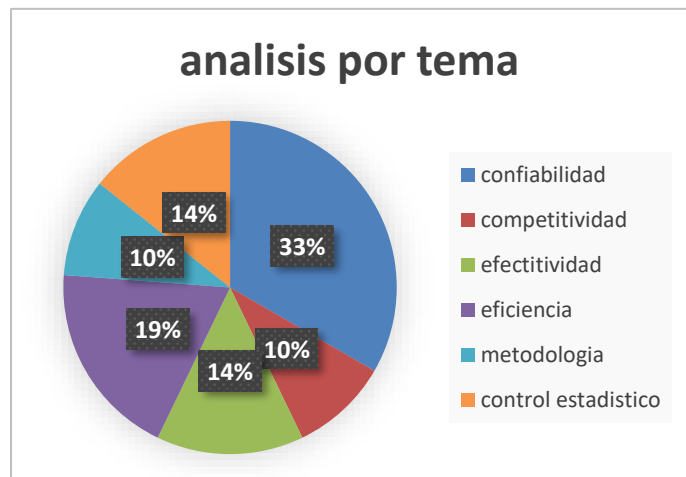


Figura 8: distribución por tema

### Los procesos de la recolección de información

Para la ejecución y dar confiabilidad y credibilidad en el proceso del método se utilizó la base de datos de las diferentes revistas científicas como: Dialnet, Scielo, Redalyc y Google Académico. Basados en el tema de investigación, utilizando como los términos de: Mantenimiento AMEF, Mantenimiento FMEA, productividad y mantenimiento, aplicación del método AMEF y Failure Mode effect Analysis. Se utilizaron artículos originales, académicos y revistas científicas donde se consideró como máximo 5 años de antigüedad de publicación con respecto al año 2019. Se recopila información en diferentes idiomas como: en inglés, portugués (las cuales se traducen al español) y en español. Nos basamos en estas

revistas científicas si el método aún sigue siendo aplicado y efectivo para dar fundamento que si se puede aplicar en la empresa para dar solución a las paradas repetitivas de las grúas reach stacker y en cuanto nos puede hacer crecer la producción como en otros países que les está yendo bien.

### División por sectores

Para este sector se encontró un total de 52% artículos referentes a la industria manufacturera, 29% tanto para otros campos y un 10% para la industria alimentaria. Con esta información tenemos una amplia visión que este método se puede aplicar a diferentes rubros y teniendo la misma efectividad es por ello que se optó por aplicarlo a la empresa APM TERMINALS CALLAO.

Tabla 8

*División por sectores*

Revistas científicas	Cantidades
Industria manufacturera	11
Finanzas	2
Industria Alimentaria	2
Otros campos	6

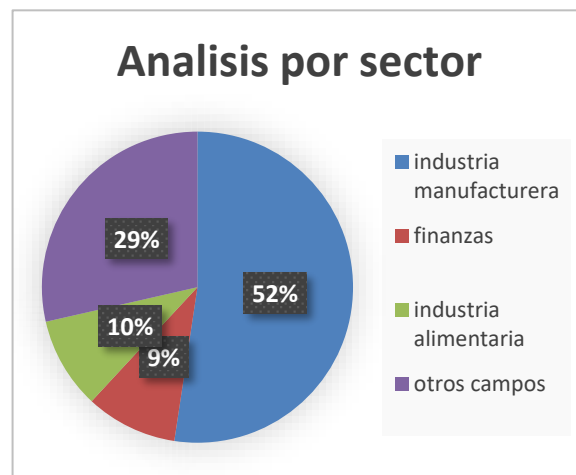


Figura 9: *Análisis por sector*

## CAPITULO IV. CONCLUSIONES

Para poder evaluar la elección de una herramienta como es el AMEF primero fue necesario conocer la data real del mantenimiento de las grúas Reach stacker de la empresa Apm Terminals Callao, para ello nos apoyamos de una investigación descriptiva con la cual se pudo observar y analizar la documentación proporcionada por la empresa, cuya información proviene de las Ordenes de Trabajos generados por el sistema ERP IFS, base de datos de reporte diaria en la tabla Excel. En base a una investigación se llegó a conocer que las empresas que tienen las grúas reach stacker como ransa callao y neptunia callao también presentan estos problemas con las grúas .En base al análisis de los indicadores de mantenimiento de las grúas reach stacker de la empresa Apm Terminals Callao, y según reflejan estos datos por ejemplo en cuanto a la disponibilidad que está muy por debajo de lo establecido que es 77%, se requiere una mayor evaluación y análisis de porque ocurren tantas paradas y fallas inesperadas, y para este caso planteamos que sería muy recomendable aplicar el método de Análisis de Modo Y efecto de Fallas (AMEF) ya que sigue siendo efectivo porque muchas empresas extranjeras lo han aplicado y han aumentado su productividad.

También se puede notar la gran importancia que aporta esta herramienta AMEF, a la industria, tuvo sus orígenes en la segunda guerra mundial, luego implementada en la nasa, y en los últimos tiempos muy utilizada en la industria automotriz para detectar,

definir y prevenir las fallas más potenciales, para así evitar paradas inesperadas y prevenir accidentes.

Se pudo observar en la investigación científica el uso del AMEF cada vez más frecuente, ya que es una herramienta muy útil y poco costosa eso quiere decir que no será mucha inversión aplicarlo dentro de una empresa. Tanto para la industria portuario como para industrias de diferentes rubros, por ello tomamos de dedición de usar el método AMEF para nuestro proyecto de tesis aplicado en las grúas reach stacker en la empresa AMP Terminas. Para esta revisión sistemática de los papers, sobre el método AMEF, se utilizó la metodología de búsqueda fuentes de información como: Dialnet, Scielo, Redalyc y Google Académico, basados en campo de mantenimiento de maquinaria pesada. En la presente revisión y análisis del proyecto de tesis se analizó 21 papers, tanto en el idioma inglés, portugués y español con la conclusión de que el Método AMEF es muy recomendado en campo automotriz, para reducir costos y accidentes, corrigiendo las posibles causas de las fallas.

Según la investigación se pudo observar que también hay otras herramientas que se pueden aplicar en el área del mantenimiento, pero a medida que se investigó, se pudo dar respuesta a la pregunta planteada al inicio, ¿De qué maneras contribuye el método AMEF en el área de mantenimiento? Pues se pudo observar que reduce los costos de mantenimiento, aumenta la disponibilidad de los equipos, aumenta la productividad, y sobre evita los accidentes que pueden causar daños materiales o daños personales. Las empresas portuarias hoy en día están creciendo por la alta demanda es por eso que se están haciendo más puertos en chancay y pisco. Todos los puertos cuentan con un área de

mantenimiento porque es clave para mantener activo los equipos o maquinarias. En la actualidad están apareciendo nuevas herramientas que obligan a optimizar para ser competitivos. La empresa APM TERMINAL CALLAO mediante una evaluación y resultados la empresa ahorraría en el costo de mantenimiento porque aplicando el método AMEF se va a reducir las paradas innecesarias y como consecuencia traería un aumento en su productividad como en otros países que están aplicando el método AMEF.

## REFERENCIAS

### DIALNET

- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6859758>
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6165009>
- <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5369444>
- Passarella, C. (2018). Modos de fallas y el análisis de los efectos.

### GOOGLE ACADÉMICO

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s11219-017-9396-0>
- Pamagiotidis, T. (2016). Special issue on AMEF 2016.

### SCIELO

- [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052014000200012&script=sci\\_arttext&tlng=e](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-33052014000200012&script=sci_arttext&tlng=e)
- [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522014000100079&lang=es](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522014000100079&lang=es)
- <https://www.google.com/search?q=reach+stacker+hyster&rlz=1C1CHBD>

## ProQuest

- <https://search.proquest.com/docview/1935252757/abstract/BBC7291A405D4B85PQ/15?accountid=36937>.
- <https://search.proquest.com/docview/2134860656/BBC7291A405D4B85PQ/3?accountid=36937>
- <https://search.proquest.com/docview/1901759930/abstract/FF1902AFF1844461PQ/110?accountid=36937>
- <https://search.proquest.com/docview/2177169180/abstract/BBC7291A405D4B85PQ/21?accountid=36937>
- <https://search.proquest.com/docview/2016961119/abstract/BBC7291A405D4B85PQ/20?accountid=36937>
- <https://search.proquest.com/docview/1935252757/abstract/BBC7291A405D4B85PQ/15?accountid=36937>.
- P.L.Pun, K., Rotanson, J., Chee-wah, C., & H.S., Chan, A. (2019). Application of fuzzy integrated FMEA with product lifetime consideration for new product development in flexible electronics industry. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 176-200.  
doi:<http://dx.doi.org/10.3926/jiem.2765>.
- Gasca, Maira C, Camargo, Luis L, & Medina, Byron. (2017). Sistema para Evaluar la Confiabilidad de Equipos Críticos en el Sector Industrial. *Información tecnológica*, 28(4), 111-124. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400014>.



- Tian Yang, Bo Zhang, Qing Zhao, Ping Luo, Aimin Chang  
New high temperature NTC thermistors based on the  $Mg(Al_{1-x}Cr_x)O_4$  ceramics Journal of Alloys and Compounds, Volume 685, 2016, pp. 287-293.
- Theodore Panagiotidis, 2016.  
"Special issue on AMEF 2016: Introduction", Economics and Business Letters, Oviedo University Press, vol. 5(4), pages 105-106.  
<https://ideas.repec.org/a/ove/journal/aid11451.html>
- Shuo-Fang Liu, Jui-Hung Cheng, Yann-Long Lee & Feng-Ru Gau (2016) A case study on FMEA-based quality improvement of packaging designs in the TFT-LCD industry, Total Quality Management & Business Excellence, 27:3-4, 413-431, DOI: 10.1080/14783363.2015.1004308.
- Zapata-Gómez, Amparo. (2013). Efecto de las técnicas de ingeniería de la calidad en el diseño de productos. Ingeniería y Universidad, 17(2), 409-425.  
Retrieved July 09, 2019, from [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-21262013000200009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-21262013000200009&lng=en&tlng=es).

- Felizzola Jiménez, Heriberto, & Luna Amaya, Carmenza. (2014). Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 22(2), 263-277.  
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052014000200012>.
- Frank, Alejandro Germán, Pedrini, Danilo Cuzzuol, Echeveste, Márcia Elisa, & Ribeiro, José Luis Duarte. (2014). Integração do QFD e da FMEA por meio de uma sistemática para tomada de decisões no processo de desenvolvimento de produtos. *Production*, 24(2), 295-310. Epub July 02, 2013.<https://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132013005000036>.
- Garcia, Pauli Adriano de Almada. (2013). Uma abordagem via análise envoltória de dados para o estabelecimento de melhorias em segurança baseadas na FMEA. *Gestão & Produção*, 20(1), 87-97. <https://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013000100007>.