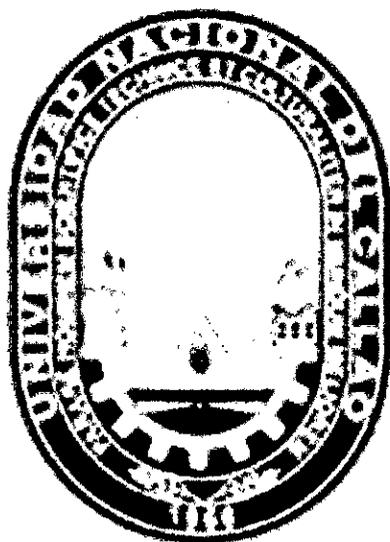


**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**SECCIÓN DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**MECÁNICA Y DE ENERGÍA.**



**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA**  
**EFICIENCIA GLOBAL DE EQUIPO, PARA ALCANZAR**  
**NIVELES DE CLASE MUNDIAL EN UNA TERMINAL**  
**MARITIMA DE CONTENEDORES**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN**  
**GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

**ADELMO ALEJANDRO RAMOS MARTINEZ**

**Callao, 2018**  
**PERÚ**

A handwritten signature in black ink, located on the left side of the page.

A handwritten signature in black ink, located in the center of the page.

A handwritten signature in black ink, located on the right side of the page.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA  
UNIDAD DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

**RESOLUCIÓN N° 037-2018-CD-UPG-FIME-UNAC**

**JURADO EXAMINADOR**

<b>DR. PABLO MAMANI CALLA</b>	<b>Presidente</b>
<b>MG. VLADIMIRO CONTRERAS TITO</b>	<b>Secretario</b>
<b>MG. NELSON DÍAZ LEIVA</b>	<b>Vocal</b>
<b>DRA. OFELIA SANTOS JIMÉNEZ</b>	<b>Vocal</b>

**ASESORES**

**DR. JUAN MANUEL LARA MARQUEZ  
MG. ARTURO PERCEY GAMARRA CHINCHAY**

**N° DE LIBRO DE TITULACION DE TESIS: 01-SPG-FIME-UNAC-2008**

**N° DE ACTA DE TITULACIÓN: N° 18**

**FECHA DE APROBACIÓN DE LA TESIS: 11.08.2018**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres, in memoriam, por su constante presencia espiritual y a mi esposa María Blanca por su incondicional apoyo en mis proyectos de superación y realización profesional*

## ÍNDICE

<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.....	10
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2.1 <i>Problema general</i> .....	11
1.2.2 <i>Problemas específicos</i> .....	12
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	13
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	14
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	14
1.4.1 <i>Justificación práctica</i> .....	14
1.4.2 <i>Justificación teórica</i> .....	15
1.4.3 <i>Justificación económica</i> .....	15
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....	16
2.1.1 <i>Antecedentes nacionales</i> .....	16
2.1.2 <i>Antecedentes internacionales</i> .....	20
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.2.1 <i>Ciclo operativo de carga y descarga</i> .....	29
2.2.2 <i>Evolución y tipos de buques de transporte de contenedores</i> ..	31
2.2.3 <i>Evolución y tipos de contenedores</i> .....	34
2.2.4 <i>Equipos portacontenedores del ciclo operativo</i> .....	38
2.3 BASES TEÓRICAS.....	44
2.3.1 <i>Eficiencia global del equipo</i> .....	44
2.3.2 <i>Mantenimiento Productivo Total (TPM)</i> .....	56
2.3.3 <i>Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)</i> .....	68
2.3.4 <i>Mantenimiento de Clase Mundial (World Class Maintenance)</i>	71
2.4 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICO.....	74
<b>3. VARIABLES E HIPÓTESIS.....</b>	<b>78</b>

3.1	DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES.....	78
3.1.1	<i>Variables independientes.....</i>	78
3.1.2	<i>Variables dependientes.....</i>	78
3.2	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	79
3.3	HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.....	80
3.3.1	<i>Hipótesis general.....</i>	80
3.3.2	<i>Hipótesis específicas.....</i>	80
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>81</b>
4.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	81
4.1.1	<i>Aplicativa.....</i>	81
4.1.2	<i>Alcance.....</i>	81
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	81
4.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	82
4.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	83
4.5	PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	83
4.5.1	<i>Descripción general de la terminal.....</i>	83
4.5.2	<i>Descripción del proceso de carga y descarga de contenedores.....</i>	86
4.5.3	<i>Sistema de mantenimiento actual de equipos.....</i>	87
4.5.4	<i>Parque actual del equipamiento portacontenedor.....</i>	88
4.5.5	<i>Niveles de servicio y productividad contractual.....</i>	89
4.5.6	<i>Análisis y composición de los tiempos de parada.....</i>	90
4.6	PROCEDIMIENTO ESTADÍSTICO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	94
4.6.1	<i>Análisis de la estadística de tiempos de parada.....</i>	94
4.6.2	<i>Medición y diagnóstico del OEE actual – Escenario 1.....</i>	95
4.7	PLANTEAMIENTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO.....	99
4.7.1	<i>Identificación de eventos de parada.....</i>	100
4.7.2	<i>Análisis de pertenencia o criticidad de eventos.....</i>	102
4.7.3	<i>Formulación de la estrategia de optimización - TPM.....</i>	104
4.7.4	<i>Proceso de implantación y desarrollo del Mantenimiento Productivo Total - TPM.....</i>	106

4.8	ESCENARIOS DE MEJORA DEL OEE. N.....	110
4.8.1	<i>Mejora del OEE – Escenario 2</i> .....	110
4.8.2	<i>Mejora del OEE – Escenario 3.</i> .....	111
4.8.3	<i>Mejora del OEE – Escenario 4</i> .....	113
4.8.4	<i>Variación del OEE por escenarios</i> .....	115
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>117</b>
5.1	ENCUESTA Y VALIDACIÓN DE DATOS.....	117
5.1.1	<i>Encuesta</i> .....	117
5.1.2	<i>Validación – Coeficiente de CRONBACH</i> .....	118
5.1.3	<i>Interpretación de datos</i> .....	120
5.2	PROYECCIÓN DE PRODUCTIVIDAD E INGRESOS.....	131
5.2.1	<i>Productividad</i> .....	131
5.2.2	<i>Ingresos económicos</i> .....	132
<b>6.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.</b> .....	<b>133</b>
6.1	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS. .	133
6.2	CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES. ....	136
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>140</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>142</b>
<b>9.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y OTRAS FUENTES</b> .....	<b>143</b>
9.1	BIBLIOGRAFÍA DE INFORMACIÓN.....	143
9.2	OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN .....	145
<b>10.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>149</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 ESQUEMA DE CICLO OPERATIVO.....	31
Figura 2.2 BUQUE CELULAR NAVIERA MSC.....	33
Figura 2.3 BUQUES PORTACONTENEDORES PANAMAX Y POSPANAMAX.....	34
Figura 2.4 CARACTERÍSTICAS DE CONTENEDORES DE 20' Y 40'.....	37
Figura 2.5 CONTENEDOR NORMALIZADO ISO 20'x8'x6'.....	38
Figura 2.6 GRUPO DE GRÚAS PÓRTICO DE MUELLE – STS.....	40
Figura 2.7 TRACTOR DE TERMINAL –TT.....	41
Figura 2.8 GRÚA PÓRTICO DE PATIO – RTG.....	43
Figura 2.9 GRÚA APILADORA DE CONTENEDORES – RS.....	43
Figura 2.10 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL OEE.....	45
Figura 2.11 CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD, RENDIMIENTO Y CALIDAD.....	53
Figura 2.12 PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	59
Figura 2.13 FILOSOFÍA DE MEJORA 5'S (CIMIENTO DEL TPM).....	59
Figura 2.14 CICLO DEMING O PHVA.....	61
Figura 2.15 SECUENCIA A DESARROLLAR EN LA METODOLOGÍA RCM70	
Figura 2.16 PRINCIPALES COMPONENTES DE UN MCC.....	71
Figura 4.1 MUELLE DE CONTENEDORES.....	85
Figura 4.2 PROCESO GENERAL DE CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES.....	86

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 EQUIPOS PORTA CONTENEDORES .....	39
Cuadro 2.2 SEIS GRANDES PÉRDIDAS CONSIDERADAS POR EL OEE .48	
Cuadro 2.3 CLASIFICACIÓN OEE .....	53
Cuadro 2.4 CLASIFICACIÓN OEE PARA SERVICIO A LA CARGA CONTENEDORIZADA.....	55
Cuadro 4.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES MUELLE 5 PARA CONTENEDORES.....	84
Cuadro 4.2 EQUIPO PARA CARGA CONTENEDORIZADA.....	89
Cuadro 4.3 CODIGO DE PARALIZACIONES.....	91
Cuadro 4.4 CUADRO DE EQUIVALENCIAS – TIEMPOS.....	93
Cuadro 4.5 PARALIZACIONES DE GRÚAS PÓRTICO.....	94
Cuadro 4.6 ESTADÍSTICA DE TIEMPOS DE PARADA.....	94
Cuadro 4.7 DISTRIBUCIÓN DE HORAS DE EVENTOS.....	97
Cuadro 4.8 CÁLCULO DE TIEMPOS DEL OEE.....	98
Cuadro 4.9 IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS Y ÁREA DE ORIGEN .....	101
Cuadro 4.10 PERTENENCIA DE TIEMPOS DE PARADA.....	102
Cuadro 4.11 ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM. ....	108
Cuadro 4.12 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 25 %. ....	110
Cuadro 4.13 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 50%. ....	112
Cuadro 4.14 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 75%. ....	114
Cuadro 4.15 CLASIFICACIÓN DEL OEE SEGÚN ESCENARIOS.....	116

Cuadro 5.1 CUESTIONARIO DE MANTENIMIENTO.....	117
Cuadro 5.2 CUESTIONARIO DE EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO .....	118
Cuadro 5.3 COEFICIENTE DE CRONBACH:.....	118
Cuadro 5.4 RESULTADO SEGÚN LA ESCALA.....	119
Cuadro 5.5 ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO.....	120
Cuadro 5.6 ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DEL OEE .....	122
Cuadro 5.7 DISTRIBUCIÓN DE HORAS PERDIDAS .....	129
Cuadro 5.8 INCREMENTO DE HORAS PRODUCTIVAS .....	131
Cuadro 5.9 INCREMENTO DE INGRESOS ECONÓMICOS .....	132

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 4.1 VALORES ACTUALES DE A, N, Q Y OEE.....	98
Gráfico 4.2 CRITICIDAD DE EVENTOS DE PARALIZACIÓN .....	104
Gráfico 4.3 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 25 %.....	110
Gráfico 4.4 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 50%.....	113
Gráfico 4.5 REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 75%.....	115
Gráfico 4.6 EVOLUCIÓN DE MEJORA GRADUAL DEL OEE .....	115

## RESUMEN

El transporte marítimo de carga por contenedores, ha experimentado un crecimiento continuado de 10% en los últimos 20 años. Actualmente, más del 60% de la carga contenedorizada, se moviliza por los puertos del Perú. La demanda cada vez mayor y más exigente, influye directamente en la productividad y competitividad de los terminales portuarios, donde la gestión de mantenimiento del equipamiento portuario, es factor determinante para alcanzar niveles óptimos de calidad y productividad.

En este contexto, el propósito de la tesis es, *optimizar la gestión de mantenimiento del equipo portuario*, basado en la Eficiencia Global del Equipo OEE como herramienta eficaz para alcanzar niveles de clase mundial; esto es, mediante medición, análisis y diagnóstico de la **disponibilidad, rendimiento y calidad de servicio** del equipo.

En el capítulo IV, se determina y plantea la optimización del mantenimiento del equipo mediante la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), como herramienta de gestión idónea y adecuada para las características de la problemática analizada.

Tres escenarios que se ensayaron, totalmente posibles de alcanzar mediante la implantación del TPM; esto es, mediante la reducción de tiempos de parada no planificadas en 25%, 50% y 75%; permiten obtener mejoras del OEE, en 64%, 76% y 88% respectivamente.

Lo expuesto, demuestra que, la mejora del OEE hacia niveles de clase mundial, sólo será posible si la gestión de mantenimiento actual se optimiza, a base de nuevas políticas, nueva visión y nuevos conceptos (reingeniería) y herramientas de gestión moderna del mantenimiento, como el Mantenimiento Productivo Total TPM propuesto.

## **ABSTRACT**

The maritime transport of cargo by containers, has experienced a continued growth of 10% in the last 20 years. Currently, more than 60% of the containerized cargo is moved through the ports of Peru. Increasing and more demanding demand directly influences the productivity and competitiveness of port terminals, where the management of port equipment maintenance is a determining factor in order to achieve optimum levels of quality and productivity.

In this context, the purpose of the thesis is to optimize the maintenance management of the port equipment, based on the Global Efficiency of the OEE Team as an effective tool to reach world class levels; that is, through measurement, analysis and diagnosis of the equipment availability, performance and quality of service.

In chapter IV, the optimization of equipment maintenance is determined and proposed through the implementation of Total Productive Maintenance (TPM), as a suitable and appropriate management tool for the characteristics of the analyzed problem.

Three scenarios that were tested, totally possible to achieve through the implementation of the TPM; that is, by reducing unplanned downtimes by 25%, 50% and 75%; they allow to obtain improvements of the OEE, in 64%, 76% and 88% respectively.

The above shows that the improvement of the OEE to world class levels will only be possible if the current maintenance management is optimized, based on new policies, new vision and new concepts (reengineering) and modern maintenance management tools, as the Total Productive Maintenance TPM proposed.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

#### **1.1 DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA.**

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe, CEPAL, elabora cada año un Ranking que muestra el movimiento de carga en contenedores en 120 puertos de la región. En este ranking, el Perú ocupa el sexto (6to.) lugar, lo cual representa un volumen importante de contenedores que se movilizan por los terminales portuarios peruanos. (CEPAL, 2016)

La demanda del servicio a la carga contenedorizada por los puertos peruanos, cada vez mayor, exige también sistemas idóneos de mantenimiento para su equipamiento, especialmente los de última generación, tales como las grúas pórtico de muelle, grúas pórtico de patio, reach stackers y tractores de terminal.

Por tanto; es crucial y determinante que, la gestión de mantenimiento para el equipo destinado al servicio a la carga contenedorizada de un terminal portuario, sea idónea y eficiente, que le permita ser altamente competitivo mediante operaciones de clase mundial, que solo puede alcanzarse con prácticas de mantenimiento de clase mundial.

De ahí, la necesidad de optimizar su gestión, mediante el análisis y diagnóstico de la Eficiencia global del equipo (OEE) actual, identificando y cuantificando los factores que pudieran estar afectando los parámetros de disponibilidad, rendimiento y calidad de servicio del equipamiento.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

### **1.2.1 Problema general.**

A nivel mundial, el comercio portuario ha mostrado una tendencia de crecimiento sostenido a lo largo de los últimos veinte (20) años, especialmente en el transporte por contenedores, que es la modalidad predominante en el transporte de mercancías sólidas. Dicha tendencia es posible generada por la globalización del comercio y reducción de coste de transporte de la mercancía. (Castro, 2016)

La movilización de 2'250,224 TEUs (contenedores de 20') en el 2017 por las terminales APM TERMINALES Y DP WORLD del puerto de Callao, es una muestra de este crecimiento, comparado con tan solo 725,490 TEUs movilizados en el año 2004 por las mismas terminales, representando una tasa de crecimiento anual promedio de 16.17%. (COMEX PERU, 2017, APN 2017)

La demanda cada vez mayor y más exigente del transporte marítimo por contenedores, repercute igualmente en la productividad y competitividad del servicio a la carga contenedorizada en las terminales portuarias; por tanto, requiere también que la gestión de mantenimiento del equipamiento destinado a este servicio, sea óptima e idónea, que garantice alta disponibilidad, rendimiento y confiabilidad de los mismos, condiciones determinantes para alcanzar niveles óptimos de calidad y productividad y, puede utilizarse como una estrategia para alcanzar niveles de competitividad de clase mundial.

En este contexto, la Eficiencia Global del Equipo (OEE) para carga contenedorizada, es una herramienta poderosa, para alcanzar niveles de clase mundial del mantenimiento, que requiere ser analizado para optimizar su gestión y mejoramiento de la competitividad del terminal portuario.

Por tanto, el problema general así expuesto, se formula en los términos siguientes:

¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en la eficiencia global del equipo (OEE), permitirá alcanzar niveles de clase mundial, en una terminal marítima de contenedores?

### **1.2.2 Problemas específicos.**

La disponibilidad del equipo para atender el servicio a la carga en el momento oportuno y por el período de tiempo requerido sin interrupciones ni restricciones, es afectada principalmente por fallas funcionales frecuentes del equipo, originando paradas no planificadas.

Del mismo modo, las pérdidas en unidades de tiempo por razones operacionales del equipo; esto es, fallas en la operación del equipo propiamente dicho o deficiencias en la planificación y/o programación de las operaciones portuarias, influyen de manera importante en la disminución de la *calidad del servicio a la carga*.

También, el indicador del *rendimiento productivo del equipo* o productividad, es afectada principalmente por baja performance funcional u operativa del equipo y por las pérdidas originadas principalmente por las paradas no

planificadas y por las pérdidas derivadas de las operaciones portuarias.

Expuesto así, los parámetros fundamentales que determinan la eficiencia global del equipo (OEE); esto es, *disponibilidad, calidad del servicio y rendimiento del equipo*, se formulan los siguientes problemas específicos:

- a. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis de la disponibilidad del equipo, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?
- b. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis del rendimiento o productividad del equipo, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?
- c. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis de la calidad del servicio a la carga contenedorizada, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Optimizar la **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO** del equipamiento portuario basado en el diagnóstico, cuantificación y análisis de la Eficiencia Global del equipo (OEE), mediante las estrategias de gestión del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para alcanzar operaciones de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.

### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- a. Eliminar las horas de paradas de máquina no planificadas que afectan la DISPONIBILIDAD del equipo, mediante las estrategias de gestión del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para optimizar la Eficiencia Global del Equipo (OEE) hacia niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.
- b. Eliminar las pérdidas de horas productivas por baja performance de las máquinas que afectan el RENDIMIENTO del equipo, mediante las estrategias de gestión del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para optimizar la Eficiencia Global del Equipo (OEE) hacia niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.
- c. Eliminar las pérdidas de horas productivas por servicio deficiente o defectuoso que afectan la CALIDAD DEL SERVICIO del equipo portuario, mediante las estrategias de gestión del Mantenimiento Productivo Total (TPM), para optimizar la Eficiencia Global del Equipo (OEE) hacia niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN.**

### **1.4.1 Justificación práctica.**

En la práctica, el desarrollo y la aplicación de las teorías de gestión del mantenimiento de equipos y maquinarias en las empresas de clase mundial, han resultado ser fundamentales para alcanzar niveles óptimos de competitividad.

También, en empresas portuarias, si se aplican estas mismas teorías, adecuadas a las características del servicio a la carga contenedorizada, se logrará optimizar y potenciar su competitividad hacia niveles de clase mundial.

#### **1.4.2 Justificación teórica.**

La teoría del *Mantenimiento Productivo Total TPM*, expone la metodología y procedimientos para la implantación del TPM en cualquier empresa. Define la aplicación de las diferentes herramientas de gestión del mantenimiento moderno.

El autor de la Teoría del TPM, Tokutaro Suzuki, sostiene que, "las empresas que ponen en práctica el TPM, invariablemente logran resultados sobresalientes, particularmente en la reducción de avería en los equipos, minimización de tiempos en vacío y pequeñas paradas" todo lo cual, permite alcanzar niveles óptimos de calidad y productividad del servicio, hacia niveles de competitividad de clase mundial de las empresas.

#### **1.4.3 Justificación económica.**

En toda empresa industrial, la inadecuada y/o limitada gestión de mantenimiento del equipo de producción, genera baja productividad y baja competitividad del negocio.

La optimización de la gestión de mantenimiento del equipo, a partir niveles igualmente óptimos de la eficiencia global del equipo (OEE), posibilitará en la misma medida, la mejora de la productividad y competitividad del servicio a la carga contenedorizada en un terminal portuario, generando consiguientemente, la rentabilidad esperada de la gran inversión.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.**

No se tiene conocimiento de la existencia de estudios similares o iguales y/o específicos al proyecto del presente estudio; es decir, referido específicamente a la optimización de la gestión de mantenimiento del equipo portuario para carga contenedorizada, a partir del análisis de la eficiencia global del equipo (OEE), para terminales portuarios especializados; sin embargo, se pueden citar los siguientes estudios similares:

##### **2.1.1 Antecedentes nacionales.**

###### **a. Análisis, diagnóstico y propuesta de mejora en la gestión de activos físicos de grúas pórtico.**

Tesis para optar el título de Ingeniera industrial.

Autora: Robles Rojas, Ana Cristina.

Pontificia Universidad Católica del Perú.

Año 2015.

Robles sostiene que, el terminal portuario atraviesa una fuerte crisis debido a que no cuenta con una política de gestión de activos físicos. Esto se evidencia en los constantes breakdowns que tienen las grúas pórtico, además del sobre stock acumulado que se tiene en el almacén. Todo eso provoca una disminución constante en

la productividad, lo cual genera pérdida de clientes al verse reflejada la situación real en el mercado y en las demoras en la atención, además de excesivos gastos de operación.

El principal objetivo es el poder aumentar la vida útil de los activos físicos de las grúas, así como su disponibilidad al disminuir las constantes fallas actuales y sus consecuencias.

Para lograrlo se propone la implementación de un Sistema de Gestión de Activos Físicos que abarca conceptos como mantenimiento, criticidad, riesgo, confiabilidad, gastos, etc. Este sistema se enfoca en el manejo óptimo de los activos con el fin de lograr el cumplimiento del plan estratégico de la empresa.

**b. El modelo de Mantenimiento Productivo Total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. ANANEA - 2015"**

Tesis para optar el título de Ingeniero industrial.

Autor: Apaza Aquire, Ronald.

Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca.

Año 2015.

Expone la adaptación del mantenimiento productivo total (TPM) en la Empresa Minera Chama Peru E. I. R. Ltda. En el marco teórico, Apaza describe cuáles son las seis grandes pérdidas que tiene una compañía, los pilares básicos bajo los cuales se sustenta el TPM, los objetivos del

TPM y de los indicadores de efectividad global de los equipos OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Luego de conocer a la empresa, el estudio indica que se procedió a realizar el análisis FODA, observando que la Empresa tiene problemas que pueden ser resueltos utilizando el Mantenimiento Productivo Total (TPM); estableciendo las medidas a tomar para la adaptación tanto del TPM como del OEE. Para la adaptación del TPM, se establecen puntos importantes como: Liderazgo, capacitación, motivación, pequeños grupos de TPM para la adecuación del OEE,

Como resultado de la investigación se muestra que con la adecuación del modelo del TPM, se reducen los costos de mantenimiento y mejora la productividad; además concluye que, es necesario invertir en el desarrollo del OEE para luego implementar las mejoras en la gestión que son parte de la filosofía del TPM.

**c. Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásica en la industria metálica CERNISAE.I.R.L., aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE).**

Tesis para optar el título de Ingeniero industrial.

Autor: Vásquez Contreras, Luis Martín.

Universidad Católica Santo Toribio Mogrovejo - Chiclayo.

Año 2015.

Vásquez plantea una propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas portamedidores de energía monofásicas en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., proponiendo la aplicación del Overall Equipment Effectiveness (OEE).

En el estudio se menciona que, las 29 las máquinas de producción, en la medida de su utilización, presentaron problemas de paros no planificados como desgaste, averías, montaje incorrecto, rompimiento del eje, etc.; interrumpiendo el flujo del proceso productivo. Así mismo, el rendimiento y la disponibilidad de éstas, también fueron afectados por una mala manipulación de algunos operarios originando demoras más de lo debido por este tipo de paradas.

La medición del OEE actual del proceso productivo, resultó 82,06%; por lo cual, mediante análisis de criticidad de las máquinas, se determinó las de mayor importancia y el indicador OEE pudo corroborar dicha información. Vásquez enfoca la tesis en las máquinas por debajo del valor "World Class"; esto es, 85%.

Para ello, mediante la recopilación de datos, Vásquez determinó las causas que afectaban a la disponibilidad y el rendimiento de las máquinas en la fabricación de moldes, obteniendo un OEE de 37.27%, inaceptable según la clasificación del OEE, donde según la misma clasificación, genera pérdidas económicas muy importantes y muy baja competitividad, por lo que procedió entonces a implementar las mejoras correspondientes.

Con las mejoras y cambios realizados durante el proyecto, se obtuvieron efectos positivos en los indicadores de disponibilidad y el rendimiento, tal es así que, al undécimo mes de haber iniciado el proyecto, el OEE de las máquinas industriales de mayor importancia dentro del proceso productivo, mejoraría en un 10%, al reducir los tiempos de parada no planificada.

Finalmente, Vásquez concluye que, el OEE actual de 82,06% aumentará a 87,74%; es decir existirá un incremento de 5,68%, logrando así que el OEE del proceso productivo de las máquinas industriales, llegue a los valores del "World Class".

### **2.1.2 Antecedentes internacionales.**

#### **a. Optimización de la producción en una terminal marítima de contenedores. Umbrales y punto de equilibrio.**

Tesis doctoral.

Universidad Politécnica de Catalunya - Barcelona

Autor: Víctor Eusebio Muñoz Cinca

Año: 2008

La tesis analiza el conjunto de operaciones que se realiza en una terminal marítima, para crear un modelo que optimice el volumen de producción en función de costes, precios, estructuras y recursos.

Define una Terminal de Contenedores como una interfaz o conexión entre varios modos de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo, aguas interiores). Precisa que sus funciones son la transferencia de contenedores entre los diferentes modos y hacer de almacenamiento temporal en el interín.

También sostiene que, el sistema operativo es el conjunto de procesos, que optimizan la transferencia y el almacenamiento temporal de los contenedores. Precisa que, se pueden dividir en dos tipos: operaciones de muelle y operaciones de tierra, o bien, clasificarlos en: procesos dinámicos, que serían los de transferencia y procesos estáticos como el almacenamiento y estiba de la explanada (patio).

Concluye con la necesidad de aplicar modelos conjuntos en la operativa de terminales para obtener mejoras en su productividad y costes. Básicamente se trata de equilibrar la función dinámica con relación a la función estática.

Finalmente se concluye que el grado de homogenización y la estancia de los containers conjuntamente con su layout, son los factores determinantes que maximizan su rendimiento conjunto. Además, sostiene que, económicamente se puede llegar a saturar el nivel de producción pero es el cliente quien pone límite y obliga a optimizar rendimientos operativos, es por ello que la terminal debe buscar sus umbrales de producción siempre y cuando sus rendimientos operativos entren dentro de los márgenes del sector.

## **b. Planificación de operaciones en una terminal de contenedores.**

Trabajo de fin de Master

Universidad de Sevilla.

Autor: Fátima Abaurrea Castro

Año: 2016.

Expone que, para planificar y tratar de garantizar una explotación eficiente del puerto, su funcionamiento debe asimilarse a un sistema de producción continua, donde cada fase de la operativa (subsistema) se establezca como un eslabón de la cadena que debe ser optimizado.

El capítulo 3 del estudio, el concepto de la terminal de contenedores, como un sistema intermodal, describiendo los sus subsistemas o fases y el equipamiento de manipuleo tipo de contenedores.

Las fases o subsistemas de la operativa, dentro del concepto de las terminales marítimas de contenedores como espacios intermodales; esto es, la conexión entre transporte marítimo y terrestre, se definen como las siguientes actividades principales:

- Carga: transferencia de la carga contenedorizada desde el patio (almacenamiento temporal) hasta el buque portacontenedor acoderado en el muelle.
- Descarga: transferencia de la carga contenedorizada desde el buque portacontenedor acoderado en el muelle, hasta el patio (almacenamiento temporal).

- Interconexión: transferencia de la carga entre el transporte intermodal, marítimo a terrestre o terrestre a marítimo.
- Recepción y despacho: recepción de la carga desde la puerta hasta el patio para su almacenamiento temporal y despacho desde el patio hasta la puerta hacia su destino final.

Visto así, el funcionamiento de la terminal como un sistema de producción continua, el estudio sostiene que, *un cuello de botella en cualquiera de los subsistemas, implica demoras en todo el sistema.*

Las operativas de carga y descarga son subsistemas intermedias y con mayor valor agregado que las demás en la cadena general del servicio a la carga en la terminal. Precisamente, la finalidad del presente estudio es analizar y diagnosticar el nivel o tasa de productividad y eficiencia de estas dos operativas, relacionados directamente con el indicador de gestión de mantenimiento OEE (eficiencia global del equipo) de los equipos portacontenedores utilizados para tales fines.

En cuanto al equipamiento, se menciona y describe las grúas de muelle, las grúas puente, las carretillas puente y los camiones con plataforma, correspondiendo a las denominaciones STS, RTG, RS y TT respectivamente, utilizadas en el presente estudio.

De otro lado, el estudio sostiene que, una posible clasificación del rendimiento portuario, plantea tres tipos o

categorías de medición: mediciones de tráfico, mediciones de productividad y mediciones de utilización.

- Las mediciones de tráfico, expresan volúmenes manipulados por unidades de tiempo, sin explicar los recursos empleados.
- Las mediciones de productividad, expresan volúmenes manipulados (producción) por unidad de recurso y por unidad de tiempo.
- Las mediciones de utilización, son ratios (p.ej tasa de ocupación de la línea de atraque) expresados en porcentaje, entre el uso de un determinado recurso y el máximo posible en un período temporal.

**c. Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment), en la línea de tubería en CORPACERO, S.A**

Tesis de grado para optar el título de Tecnólogo Industrial.

Autores: Carlos Leonardo Casilimas Macías y Roberth Adrián Poveda Quintero.

Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad Tecnológica, Bogotá D.C.

Año 2012.

Los autores exponen que, actualmente las empresas están optando por el mejoramiento continuo, debido a las exigencias del mercado y la alta competitividad mediante la adopción de nuevas estrategias, siendo una de ellas el

sistema de indicadores OEE, que permite alcanzar las metas productivas propuestas por las industrias, brindando la información necesaria para la toma de decisiones en la empresa.

En el estudio se sostiene que , la implementación del sistema de indicadores OEE en la línea de tubería de la empresa Corporación de Acero CORPACERO S.A., permitirá alcanzar dichas metas al realizar la medición de la disponibilidad, el rendimiento y la calidad del proceso productivo, como una forma de aumentar la productividad y continuar siendo competitivos en el mercado.

Los problemas que la línea de producción de tubería de la empresa CORPACERO S.A. presenta, son: producto defectuoso, pérdidas de tiempo, averías, bajo rendimiento y desperdicios de material y la parte directriz de la empresa, no cuenta con los argumentos suficientes para la toma de decisiones encaminadas a la gestión de mejoras y así permitir la disminución de las unidades defectuosas, aumentar la productividad, eliminar los tiempos muertos, las paradas innecesarias y con esto aumentar la capacidad de respuesta de la línea, a las necesidades del cliente.

Para la implementación del sistema de indicadores OEE, propone la siguiente metodología:

- Fase 1: Definir la capacidad instalada de la máquina, establecer las metas para el OEE, identificar, medir y cuantificar las principales causas de ineficiencia.

- Fase 2: Recopilar la información de la línea productiva, referida a la cantidad producida por hora, averías, paradas realizadas, su justificación y el tiempo empleado.
- Fase 3: Cálculo del indicador OEE.
- Fase 4: Procesamiento de información obtenida y ponderación de las causas de ineficiencia para su evaluación y su posterior disminución.
- Fase 5: Planteamiento e implementación de opciones de mejora en la línea de tubería.
- Fase 6: Evaluación de los resultados una vez implementadas las mejoras a la línea de producción.

Finalmente, los autores exponen que, concluida la recopilación de la información correspondiente, se calculó el OEE, encontrando que este variaba entre 19.3% y 78.4% entre los diferentes equipos de la línea de producción, determinando que la causa más común de pérdida de tiempo era el cambio de montaje en la línea productiva, dado que la operación se realizaba en forma manual.

Al respecto, la tesis presenta una serie de planteamientos de mejora para disminuir los tiempos de paradas improductivas y mejorar el OEE, sujetas a la aprobación de la alta dirección de la empresa. Sin embargo, realiza simulaciones con las mejoras propuestas, obteniendo un mejoramiento de 8.4% con lo cual el OEE de la línea de producción, alcanzaría el valor de 82.04%.

## **2.2 MARCO CONCEPTUAL.**

El aumento de los volúmenes y tráfico de contenedores, el tamaño de los buques y por otro lado, la presión ejercida por la alta

competitividad entre las terminales marítimas de contenedores entre los puertos de la región y del mundo, obligan a las terminales a gestionar sus recursos de forma eficiente.

A nivel mundial, el transporte por contenedores ha experimentado un crecimiento continuado de 10% en los últimos 20 años, generada por la globalización del comercio y reducción de coste de transporte de la mercancía. (Castro, 2016)

Actualmente, la carga contenedorizada representa más del 60% de la carga que se moviliza por los puertos del Perú. Solo en el puerto del Callao, el tráfico de contenedores ha experimentado un crecimiento anual promedio entre 18% y 23%, donde se movilizaron desde 725,490 TEUs (contenedores de 20') el 2004, hasta 2,054,970 TEUs el 2016. (COMEX PERU, 2017)

El Perú, sólo cuenta con tres (03) terminales de contenedores especializados, dos ubicados en el puerto del Callao y uno en el puerto de Paita. Los demás puertos peruanos (Matarani, Paita y otros) de carga general, movilizan aproximadamente el 10% del total de TEUs movilizadas por los puertos peruanos.

La demanda cada vez mayor y más exigente del servicio a la carga contenedorizada, exige igualmente elevados niveles de productividad y competitividad en las operativas de carga y descarga, por lo que la Gestión de Mantenimiento del equipamiento portuario, fundamental para la ejecución de estas operativas, también requiere ser optimizado hacia niveles de clase mundial del mantenimiento y de las operaciones portuarias.

El más importante indicador y herramienta poderosa para alcanzar niveles de clase mundial del mantenimiento, es la Eficiencia Global

del Equipo (OEE), que en el presente estudio es analizado y diagnosticado para optimizar la gestión de mantenimiento y el mejoramiento de la competitividad de la terminal de contenedores.

El estudio de la gestión del mantenimiento basado en la Eficiencia Global del Equipo OEE, se enmarca dentro del sistema y su entorno del servicio a la carga contenedorizada en la terminal de contenedores y las estrategias y bases teóricas que sustentan el análisis y diagnóstico de la medición y mejora del mantenimiento, que comprenden los siguientes campos:

**a. Descripción y conocimiento de las características de las operativas de carga y descarga.**

Esto es, del ciclo operativo, su entorno y componentes, como uno de los subsistemas más importantes de la cadena de transporte intermodal de la carga contenedorizada, que comprende los siguientes temas:

- Ciclo operativo de carga y descarga.
- Equipamiento movilizador de contenedores.
- El contenedor y su evolución.
- Buques portacontenedores y su evolución.

**b. Exposición de las bases teóricas.**

Sobre las que se fundamenta la medición del OEE y las últimas tendencias de la gestión moderna del mantenimiento, estos son:

- Eficiencia Global del Equipo – OEE
- Mantenimiento productivo total - TPM.

- Mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM.
- Mantenimiento de clase mundial – MCM.

### **2.2.1 Ciclo operativo de carga y descarga.**

El ciclo operativo de las operaciones de manipuleo directo de carga y descarga de contenedores dentro de la terminal, está definido como la transferencia o manipuleo propiamente dicho de contenedores, desde un punto inicial hasta un punto final de la cadena del servicio operativo a la carga contenedorizada. Se distinguen básicamente dos tipos de operativas estandarizadas en la terminal marítima de contenedores:

#### **a. Carga de contenedores:**

Corresponde a operaciones de exportación de carga en contenedores; esto es, movimiento o transferencia de la carga desde los almacenes o patio de la terminal, hasta el buque portacontenedor acoderado en el muelle de la terminal.

#### **b. Descarga de contenedores:**

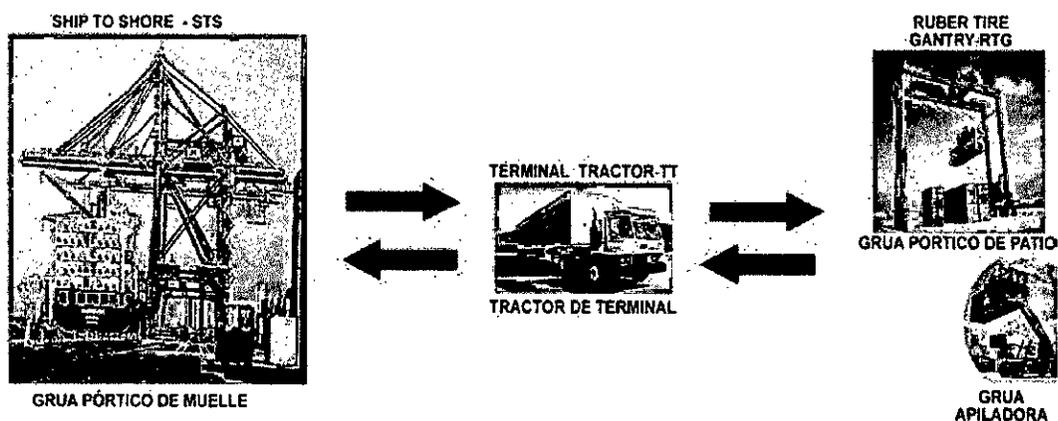
Referido a operaciones de importación de la carga, que corresponde a la movilización o traslado de contenedores, desde el buque acoderado en el muelle de la terminal, hasta el almacén o patio de la terminal de contenedores para su despacho final.

El ciclo operativo de manipuleo de la carga, en ambos casos, implica el recorrido de una distancia relativamente corta entre

el punto inicial y el punto final, el cual representa unidades de tiempo o "tiempo del ciclo operativo".

Figura 2.1

ESQUEMA DE CICLO OPERATIVO.



Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2 Evolución y tipos de buques de transporte de contenedores.

En 1966, las grandes navieras norteamericanas, introdujeron la explotación masiva del contenedor en el tráfico marítimo, inicialmente en embarcaciones o buque mercantes de carga general, formando parte de la carga.

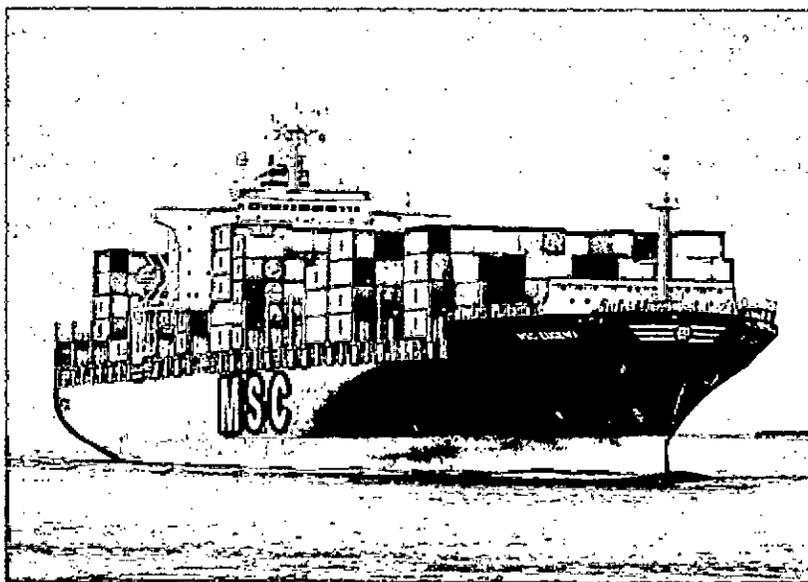
- Es partir de ese año, también comienza la construcción de buques portacontenedores, buque diseñado para el transporte de contenedores distribuidos tanto en sus bodegas como en su cubierta, especializándose posteriormente para denominarse buques celulares, por sus características constructivas especiales mediante "células" (guías verticales tipo riel) para facilitar la fijación y estiba de los contenedores en sus bodegas.

La evolución de los buques portacontenedores cada vez mayor, especialmente en su capacidad de carga y cada vez más de mayor tamaño, ha dado origen a su clasificación por categorías, que a continuación se describen:

- Carguero o petrolero convertido (primera generación, 1956-1970): entre 500 y 800 TEU.
- Celular (segunda generación, 1970-1980): entre 1.000 y 2.500 TEU.
- Subpanamax: entre 2.000 y 2.999 TEU.
- Panamax (tercera generación, 1980-1988): entre 3.000 y 5.000 TEU.
- Postpanamax (cuarta generación, 1988-2000): entre 4.000 y 5.000 TEU.
- Superpostpanamax (quinta generación, 2000-2008): entre 4.500 y 10.000 TEU.
- Suezmax (sexta generación, 2007): entre 10.000 y 12.000 TEU.
- Malacamax (séptima generación): hasta 18.000 TEU. Portacontenedores transoceánicos, que realizan las principales rutas de navegación internacional transoceánica y viajan entre los puertos concentradores. Buques alimentadores, que viajan entre puertos oceánicos concentradores o hub y puertos de menor tamaño o feeder, dentro de una misma área geográfica. (LOGISNET, 2018).

Figura 2.2

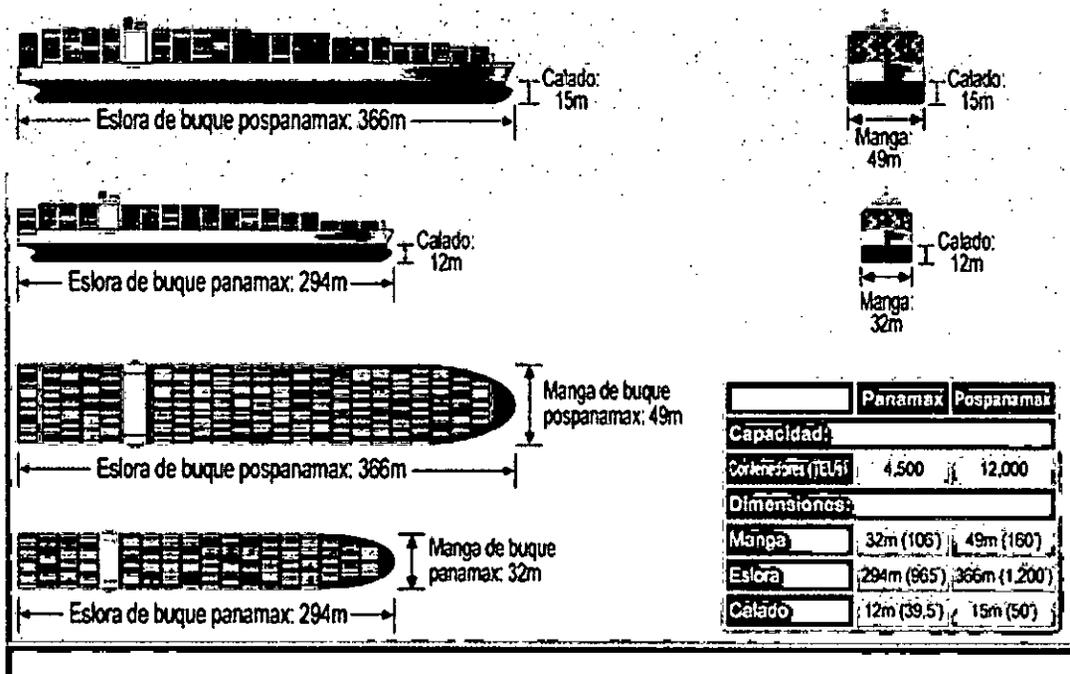
BUQUE CELULAR NAVIERA MSC.



*Fuente: (JIMENEZ,2014)*

Actualmente en los terminales marítimos de contenedores peruanos, acoderan buques portacontenedores panamax y pospanamax y super pospanamax (Véase la figura 2.3, en la página 38).

Figura 2.3  
 BUQUES PORTACONTENEDORES PANAMAX Y POSPANAMAX



Fuente: (REYES, 2018). Obtenido de <http://transporte-carga-utp.blogspot.pe>

### 2.2.3 Evolución y tipos de contenedores.

El uso de contenedores es una de las técnicas de transporte de mercancías más importante desarrollada en el siglo XX. Al ser altamente eficiente, ha influido y revolucionado no sólo la industria del transporte marítimo y los puertos, sino que también ha cambiado fundamentalmente el comercio internacional, así como el concepto, diseño, funciones y actividades de transporte en el mundo. (Stahlbock y Voß; 2008). (Castro F. A., 2016)

Un contenedor es un "recipiente de transporte de mercancías, lo suficientemente fuerte para el uso repetido, por lo general

apilable y con dispositivos para la transferencia entre diferentes modos de transporte". (Castro F. A., 2016)

A partir de 1965, se inició el uso generalizado del contenedor como medio de carga, inicialmente se dio en el transporte el transporte combinado ferrocarril-carretera y luego en el transporte marítimo, coincidente con la construcción de los primeros buques portacontenedores.

Su invención representó una solución para el abaratamiento en los costos operativos de transporte de carga, así como una forma de optimizar y agilizar las operaciones de carga y descarga de mercancías entre los buques y los medios de transporte o de equipos de transferencia. En 1968 se definió por primera vez el contenedor a nivel internacional. Con el avance de la tecnología y las necesidades cada vez mayores para diferentes tipos y pesos de carga, principalmente para el transporte marítimo, el contenedor fue normalizado por la Organización internacional de estandarización – ISO (sus siglas en inglés).

Los contenedores más comunes que transitan por los puertos peruanos y generalmente por los puertos de la región, son los de 20' y 40', eventualmente también de 45'; sin embargo, existe una amplia variedad en tamaños y capacidades, como los de 10', 30' y hasta 53', que satisfacen requerimientos especializados.

La clasificación general de contenedores, expone los siguientes:

- **CONTENEDOR DRY GENERAL DV**  
20': Peso bruto: 24.000Kg. Carga útil: 21.800Kg.

40': Peso bruto: 30.480Kg. Carga útil: 26.680Kg.

- **CONTENEDOR HIGH CUBE – HC**

Se utilizan cuando las mercancías a transportar necesitan más altura.

40': Peso bruto: 30.480Kg. Carga útil: 26.580Kg.

- **CONTENEDOR OPEN TOP – OP**

Para cargas sobredimensionadas y pesadas.

20': Peso bruto: 24.000Kg. Carga útil: 21.860Kg.

40': Peso bruto: 30.480Kg. Carga útil: 26.780Kg.

- **CONTENEDOR REEFER CONTAINERS (RF)**

Son contenedores refrigerados, para productos frescos y los congelados, que requieren temperatura controlada.

20': Peso bruto: 25.400Kg. Carga útil: 22.530Kg.

40': Peso bruto: 32.500Kg. Carga útil: 27.965Kg.

- **CONTENEDOR FLAT – PLATAFORMAS PLEGABLES.**

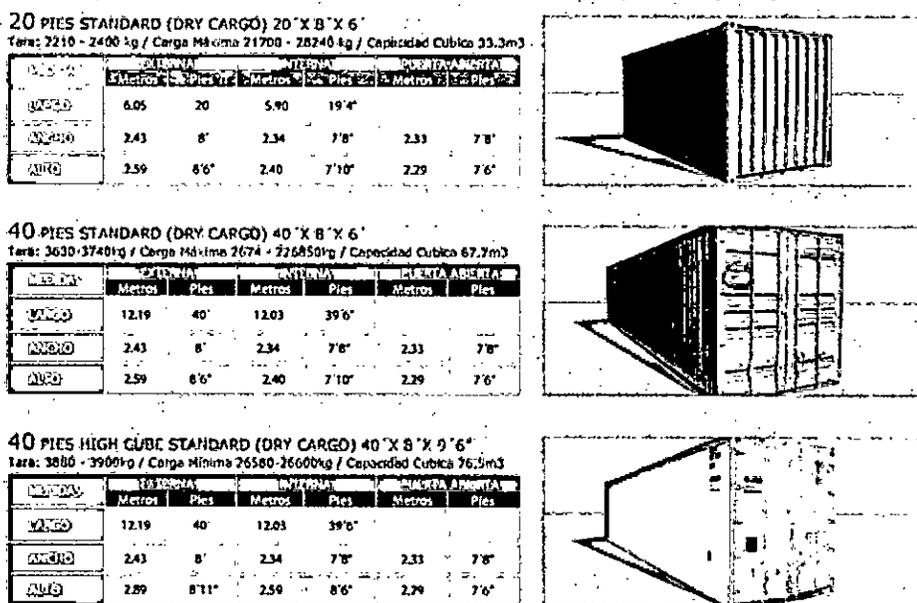
Para mercancías sobredimensionadas que pueden sobresalir (tuberías, maquinarias, etc.).

20': Peso bruto: 25.400 kg. Carga útil: 22.320 kg.

40': Peso bruto: 45.000 kg. Carga útil 39.700 kg.

Figura 2.4

CARACTERÍSTICAS DE CONTENEDORES DE 20' Y 40'



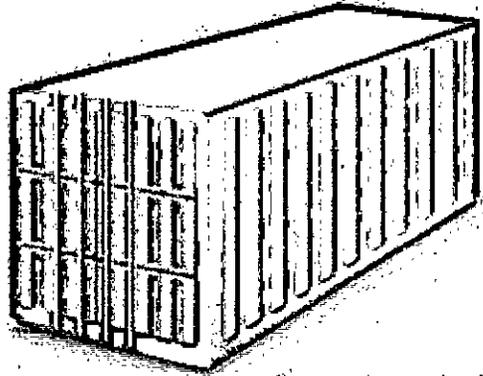
Fuente: (CARGA GLOBAL - COPYRIGHT ©, 2013)

La unidad de medida, normalizada para la designación de contenedores es el TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), que significa unidad equivalente a un contenedor de 20' (veinte pies). La unidad expresada en "contenedores", representa una medida de capacidad inexacta del transporte marítimo (Buques portacontenedores y terminales portuarios para contenedores).

Una TEU es la capacidad de carga de un contenedor normalizado de 20' (veinte pies), caja metálica de tamaño estandarizado (6.058 x 2.438 x 2.591 mm), volumen: 33.30 m<sup>3</sup> (véase la figura 2.5, en la página 42).

Figura 2.5

CONTENEDOR NORMALIZADO ISO 20'x8'x6'



MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	6.05	20'	5.90	19'4"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.59	8'6"	2.40	8'6"	2.29	7'6"

Fuente : (Tgaintegral, 2018). Obtenido de [www.tgaintegral.com](http://www.tgaintegral.com)

**2.2.4 Equipos portacontenedores del ciclo operativo.**

El equipamiento portuario que interviene en el ciclo operativo, es equipo especializado para realizar la función de transferencia, transporte o traslado y recepción y despacho de contenedores, dependiendo del lugar o punto de la cadena del servicio a la carga o ciclo operativo (véase el cuadro 2.1, en la página 45). Todos los equipos sin excepción tienen la capacidad de carga mínima de 45 toneladas métricas.

Cuadro 2.1

## EQUIPOS PORTA CONTENEDORES

Equipo	Nombre en inglés	Nombre en español
STS	Ship to shore	Grúa pórtico de muelle, para contenedores
RTG	Rubber tire gantry	Grúa pórtico de patio, para contenedores
RS	Reach stacker	Grúa apiladora de contenedores.
TT	Terminal truck	Tractor de terminal con plataforma para contenedores.
FLT	Liftrucks	Grúa apiladora de contenedores vacíos.

Fuente: *Elaboración propia*

**a. Grúa pórtico de muelle - STS.**

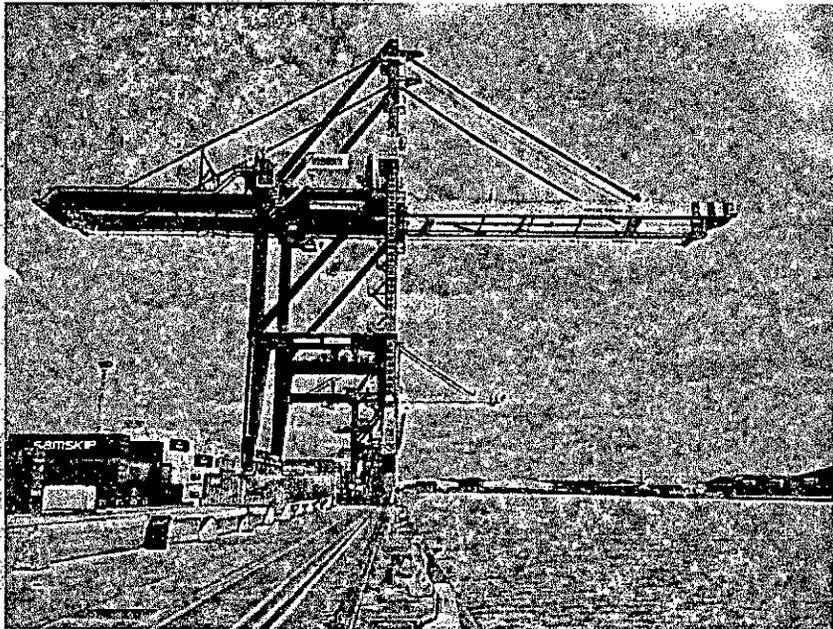
El equipo portacontenedor que realiza la transferencia del contenedor entre el buque y el camión (en muelle) para la operación de carga y viceversa para la operación de descarga; se denomina grúa pórtico de muelle o ship to shore (STS, sus siglas en inglés).

La grúa pórtico de muelle es un tipo de grúa generalmente de propulsión asistida, mediante alimentación eléctrica

externa que se desplaza sobre rieles, tendida a lo largo del muelle. Está dotada de una pluma o brazo de gran extensión, sobre el cual se desplaza un trolley y la caseta de mando para la operación de traslado del contenedor desde el buque hasta el camión en muelle o viceversa (véase la figura 2.6)

Figura 2.6

### GRUPO DE GRÚAS PÓRTICO DE MUELLE – STS



Fuente: (PACECO ESPAÑA, 2018). Obtenido de <http://www.paceco.es/es/gruas-de-muelle>

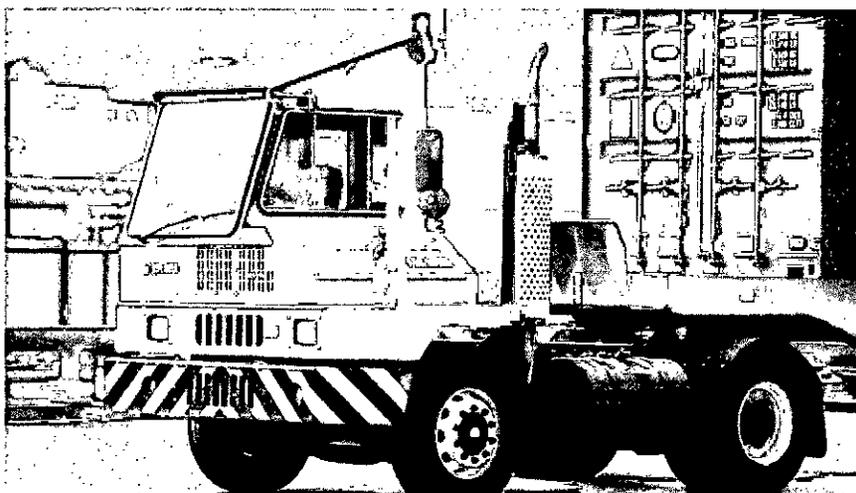
## b. Tractores de terminal – TT.

La siguiente operación que es la de transporte o traslado del contenedor entre el muelle y el patio de contenedores (almacén temporal) en la operación de descarga o importación y viceversa cuando es la operación de carga o exportación, es realizado por el tractor de terminal o terminal truck (TT, sus siglas en inglés).

Los tractores de terminal, son unidades conformada por una unidad motriz de tracción autopropulsada, acoplado a una plataforma rodante, con capacidad para transportar contenedores de 20' y 40' (véase la figura 2.7)

Figura 2.7

### TRACTOR DE TERMINAL –TT



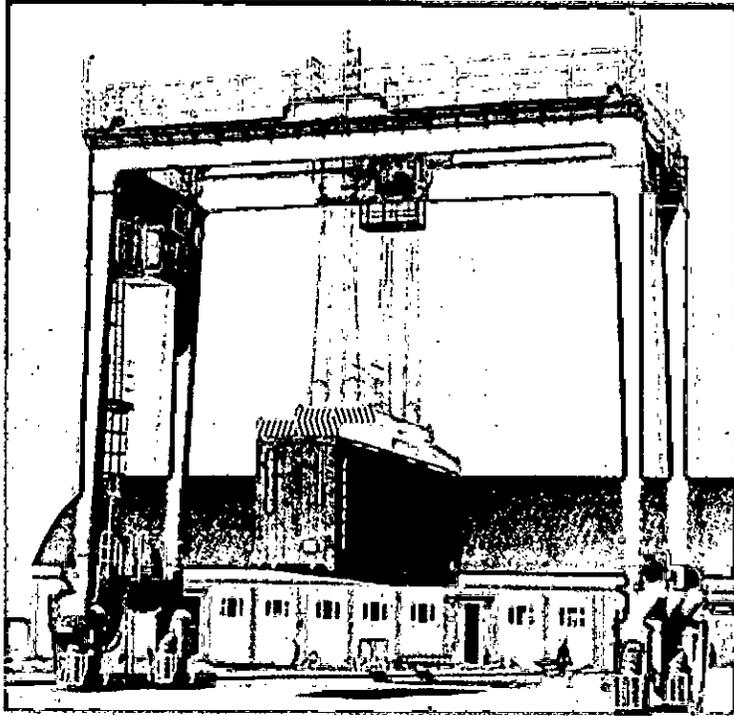
*Fuente: (goodnewsfinland, 2017). Obtenidad de <http://www.goodnewsfinland.com/valmet-rebuild-paper-machine-us/>*

### **c. Grúa pórtico de patio – RTG**

Son unidades autopropulsadas sobre neumáticos provistas de un grupo generador propio, su estructura tipo pórtico permite apilar contenedores hasta seis niveles mediante un sistema de winches provistos de un bastidor rectangular denominado spreader para la maniobra de contenedores (véase la figura 2.8, en la página 47).

Finalmente, para las operaciones de recepción y despacho de la carga contenedorizada, desde y hacia las unidades de transporte o camiones externos y funciones de apilamiento en el patio de contenedores o almacenes temporales, son realizados por dos tipos de equipos especializados: las grúas pórtico de patio o rubber tire gantry (RTG, sus siglas en inglés) y las grúas apiladoras o reach stacker (RS, sus siglas en inglés).

Figura 2.8  
GRÚA PÓRTICO DE PATIO – RTG



*Fuente: (Copyright © Shanghai Yingji Crane , 2012)*

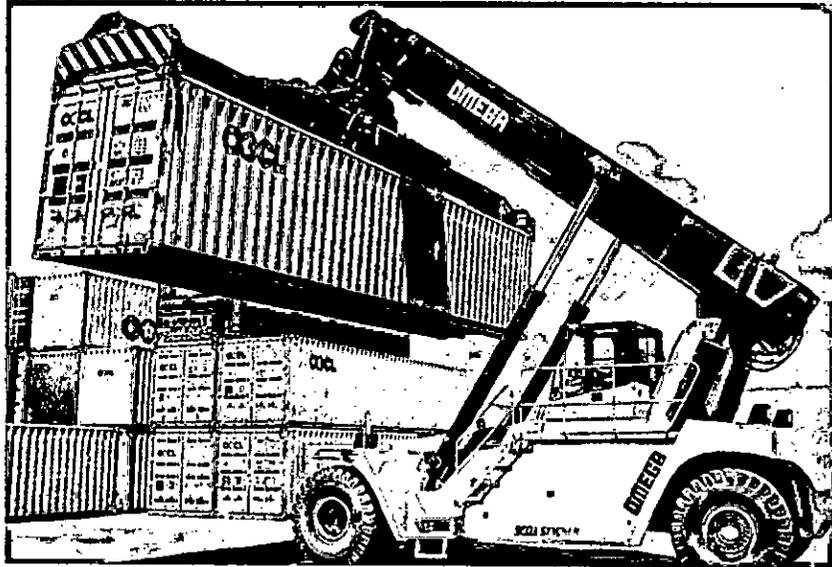
**d. Grúa apiladora de contenedores – RS**

Son unidades autopropulsadas, que eventualmente también pueden realizar operaciones de traslado de contenedores a distancias relativamente cortas en el interior de la terminal o patio de maniobras (véase la figura 2.9, en la página 48).

Para operaciones de mayor maniobrabilidad en el manipuleo de contenedores tanto en el patio como en muelle, el equipo portacontenedor especializado para tales operaciones, es la grúa apiladora o reach staker (RS siglas en inglés).

Figura 2.9

## GRÚA APILADORA DE CONTENEDORES – RS



Fuente: (SA Lift & Loader, 2018). Obtenida de <http://www.saliftandloader.com.au/equipment/omega-reach-stackers/>

### 2.3 Bases Teóricas

#### 2.3.1 Eficiencia global del equipo.

La Eficiencia Global del Equipo OEE (overall equipment effectiveness), es un indicador clave de desempeño de una máquina. El concepto de OEE nace como un KPI (Key Performance Indicator), asociado a un programa estándar de mejora de la producción llamado Mantenimiento Productivo Total TPM (Total Productive Maintenance). El objetivo principal del programa TPM es la reducción de costos. (eumed, 2018).

El concepto de eficiencia global del equipo, se enmarca dentro de la filosofía del Mantenimiento Productivo Total TPM, como una de las mejores técnicas de gestión del mantenimiento. Indistintamente se aplica a una máquina, un equipo, una línea de producción aislada o un sistema de servicio como el ciclo

operativo de carga y descarga en una terminal de contenedores, a una planta completa o a una terminal marítima de contenedores.

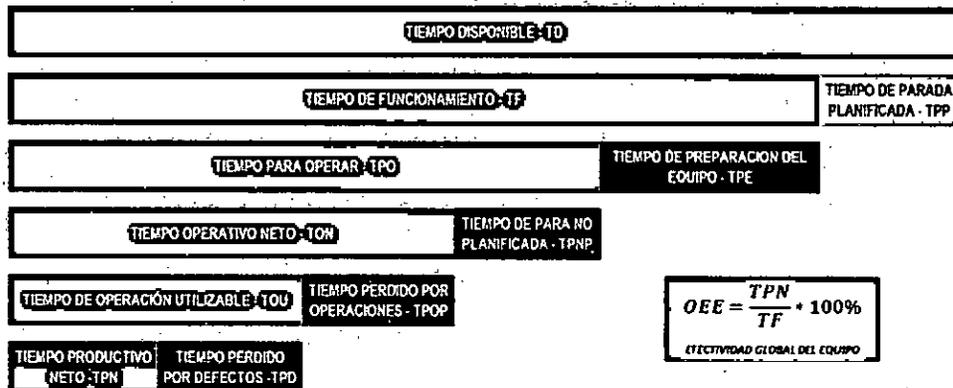
La Eficiencia Global del Equipo OEE, permite optimizar los procesos de producción y está relacionada con los costos de operación, proporciona información sobre pérdidas en los procesos productivos, facilita la toma de decisiones sobre costos y el rendimiento de las operaciones de planta y permite justificar nuevas inversiones.

Las pérdidas en el proceso productivo o de servicios (para el estudio), se relacionan directamente con las diferentes pérdidas expresada en unidades de tiempo, que tienen lugar a lo largo del proceso. El análisis parte del tiempo total disponible con que se cuenta (la maquinaria o equipamiento) para la producción, estos son:

- TD : Tiempo total disponible al año (horas)
- TF : Tiempo de funcionamiento.
- TPP : Tiempo de parada planificada.
- TOP : Tiempo de operación neta
- TPE : Tiempo de preparación de equipo
- TOP : Tiempo de operación neta
- TPNP : Tiempo de parada no planificada
- TOU : Tiempo operativo utilizable
- TPOP : Tiempo de pérdidas y operaciones
- TPN : Tiempo productivo neto.
- TPD : Tiempo de pérdidas y defectos

Figura 2.10

## DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL OEE



Fuente: Elaboración propia

Es decir que; de acuerdo al diagrama de tiempos, la mejora del índice OEE permitirá también prever necesidades de personal, materiales, equipos, servicios, etc., que tendrá lugar en los proyectos de planificación anual de producción y mantenimiento.

Es una herramienta que combina múltiples aspectos de la producción y puntos de referencia para proporcionar información sobre el proceso. Es una herramienta integral de evaluación comparativa que sirve para evaluar los diferentes subcomponentes del proceso de producción (por ejemplo, disponibilidad, rendimiento y calidad) – y se utiliza para medir las mejoras reales obtenidas mediante tecnologías modernas tales como:

- Las 5S., Manufactura Lean, TPM, Kaizen y Six Sigma.

(Work Class Manufacturing, 2018)

### a. Medición de los parámetros del OEE

Incluye los tres parámetros fundamentales del OEE: disponibilidad, rendimiento y calidad. El análisis de estos componentes, permite establecer las causas que afectan o influyen negativamente en la productividad y competitividad de las empresas, que no permiten alcanzar niveles de clase mundial ( $OEE \geq 85\%$ ) del mantenimiento y de las operaciones portuarias de servicio a la carga contenedorizada:

- Disponibilidad (tiempo improductivo por maquinaria parada)
- Rendimiento (funcionamiento de la máquina por debajo de su capacidad o performance) o
- Calidad (unidades defectuosas o servicios deficientes) que se relacionan directamente con las grandes pérdidas considerada por el OEE. (véase el cuadro 2.2, en la página 52).

-

Cuadro 2.2

SEIS GRANDES PÉRDIDAS CONSIDERADAS POR EL OEE

<b>Parámetro afectado</b>	<b>Seis pérdidas</b>	<b>Consecuencia</b>
Disponibilidad	Fallas, Averías. Preparación y ajustes del equipo	Tiempo improductivo, Tiempo parada no planificada.
Rendimiento	Velocidad reducida, Pequeñas paradas.	Baja capacidad. Baja performance
Calidad	Pechazos por puesta en marcha. Rechazos de producción.	Servicio deficiente o defectuoso.

Fuente: Elaboración propia

**b. Disminución de Disponibilidad**

Referido principalmente a las pérdidas por paradas de máquina o tiempo improductivo, definida como el tiempo durante el cual la máquina dejó de producir el bien o servicio; en el caso del estudio, servicio a la carga contenedorizada. El origen o causa de estas pérdidas se resumen en los siguientes:

- Fallas y averías: son paros repentinos que pueden ser por leves (fallas) o graves (averías), que pueden ir de un paro relativamente corto y subsanable o paros con interrupción total de la producción o servicio por tiempo relativamente largo. La causa de esta disfunción puede ser funcional originado por el mismo equipo (mantenimiento pobre o deficiente) u operativa originado error del operador de la máquina.

- **Esperas:** son tiempos improductivos por retrasos al inicio o durante la producción, originado por varios motivos, por ejemplo: preparación de la máquina, adecuación o habilitación para el tipo producción o producto (tipo de contenedor), cambio de máquina, mantenimiento, cambio de turno, etc. Es decir, la espera, se considera como el tiempo improductivo total, durante el cual no se ha realizado producción alguna o servicio (p.e servicio la carga)
- La fórmula del indicador de la disponibilidad "A", es la siguiente:

$$A = \frac{TON}{TF} \times 100\%$$

Dónde:

TON = Tiempo de Operación Neta.

TF = Tiempo de Funcionamiento

La Disponibilidad es un valor que varía entre 0 y 1, suele expresar porcentualmente.

### c. Disminución de Rendimiento

Referido principalmente a dos causas: pérdidas de velocidad del equipo traducidas a unidades de tiempo, al igual que las pequeñas paradas, representan pérdidas de tiempo para la producción o el servicio, generalmente ignorados o no valorados. Las características de estas pérdidas son:

- Velocidad reducida: el origen de la velocidad reducida puede ser: funcional u operacional.

La velocidad reducida funcional, se da cuando la máquina o sus elementos o sistemas no están trabajando dentro de sus valores de performance normales de diseño; originado por deficiencia funcional, descalibrados o no seteados (mantenimiento).

- La velocidad reducida operacional, se da generalmente por deficiencias de operación por parte del operador de máquina (operador no calificado, impericia) y otras causas, tales como cuando la velocidad de operación o producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías.
- Pequeñas paradas: llamada también microparadas, son interrupciones cortas y la máquina no trabaja a velocidad constante. Las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas igualmente por deficiencias pequeñas, tales como: bloqueos producidos por sensores, agarrotamientos o solturas mecánicas de partes o elementos móviles, que pueden disminuir de forma drástica la efectividad de la máquina. La duración las pequeñas paradas generalmente no superan cinco (05) minutos y no son registrados.

La fórmula del indicador de Rendimiento “ $\eta$ ”, es la siguiente:

$$\eta = \frac{TOU}{TON} \times 100\%$$

Dónde:

TOU = Tiempo de Operación Utilizable.

TON = Tiempo de Operación Neta.

El Rendimiento es un valor entre 0 y 1, por lo que suele expresarse porcentualmente.

#### **d. Disminución de Calidad:**

En el concepto de eficiencia global de equipo OEE, la disminución o pérdida de calidad, está referida principalmente a dos factores: rechazos por puesta en marcha y rechazos por producción, sus características son:

- Rechazos por puesta en marcha: se refieren a deshechos (Scrap), como aquellos productos que no cumplen los requisitos de calidad establecidos. Para el caso del presente estudio, los rechazos por puesta en marcha, corresponden al proceso de planeamiento y errores de planeamiento, que se dan como pérdida de tiempo para la producción, precisamente antes del inicio del servicio propiamente dicho a la carga.
- Rechazos por producción: corresponden a productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, pero pueden ser reprocesados y convertidos en productos de buena calidad. En el estudio, este tipo de pérdida, está representado por las paradas, pequeñas paradas o incluso las reducciones de velocidad, que se dan por errores de planificación.

La fórmula del indicador de la calidad "Q", es la siguiente:

$$Q = \frac{\text{TPN}}{\text{TOU}} \times 100\%$$

Dónde:

TPN = Tiempo Productivo Neto

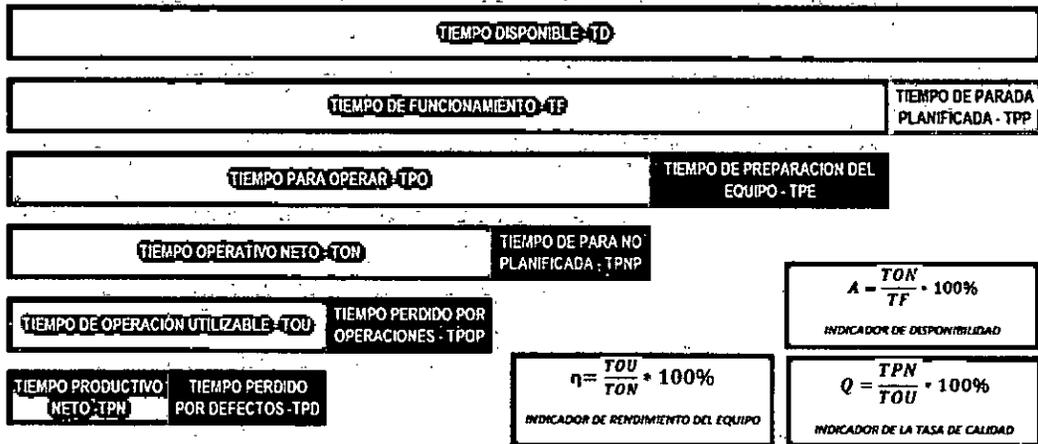
TOU = Tiempo Operación Utilizable

La Calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

El esquema para el cálculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo, se muestra en la figura 2.11, en la pagina 57.

Figura 2.11

CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD, RENDIMIENTO Y CALIDAD



Fuente: Elaboración propia

$$OEE = A * \eta * Q$$

e. Clasificación de la OEE

La diversa literatura sobre la clasificación de los niveles indicadores del OEE, para procesos de producción continua en empresas principalmente manufactureras, clasifican el OEE en una o más líneas de producción o una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia.

Esta clasificación considera indicadores < 65%, como inaceptable, con importantes pérdidas económicas y muy baja competitividad. (véase el cuadro 2.3, en la página 58).

Cuadro 2.3

### CLASIFICACIÓN OEE

OEE	CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
< 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
≥ 65% < 75%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
≥ 75% < 85%	Aceptable	Ligeras Pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
≥ 85% < 95%	Buena	Entra en valores World Class. Buena competitividad.
≥ 95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad.

*Fuente: (Ruiz, 2010)*

Sin embargo, para sistemas de producción de servicios, el nivel aceptable del OEE se ubica en un rango entre 40% y 60%. Lo cual implica que, la clasificación de los niveles por debajo del nivel mínimo de clase mundial (85%), también se han adecuado proporcionalmente. (véase el cuadro 2.4, en la página 59).

**Cuadro 2.4**  
**CLASIFICACIÓN OEE PARA SERVICIO A LA CARGA**  
**CONTENEDORIZADA**

OEE	CLASIFICACION	CARACTERISTICAS
< 40%	Inaceptable	Posibles pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
≥ 40% < 60%	Regular	Aceptable solo si se está en proceso de mejora.
≥ 60% < 85%	Aceptable	Competitividad aceptable
≥ 85% < 95%	Buena	Entra en valores World Class. Buena competitividad.
≥ 95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad.

*Fuente: Elaboración propia*

### **2.3.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM).**

El Mantenimiento productivo total (del inglés de *total productive maintenance*, TPM) es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costes en los procesos de producción industrial. Las siglas TPM fueron registradas por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas JIPM, en el año 1971. (Burga, 2005)

Surgió como un sistema destinado a lograr la eliminación de las seis grandes pérdidas en los equipos. También incluye los conceptos de: mantenimiento preventivo, mantenimiento planificado, mantenimiento predictivo y el mantenimiento correctivo (éste último como un indicador). El aporte de gran importancia realizado por los japoneses es el *Mantenimiento Autónomo*.

#### **a. Objetivos principales del TPM :**

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control del uso preciso de herramientas y equipos
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

#### **b. Metas del TPM:**

Implementar procedimientos o mecanismos en la organización, para prevenir las diversas pérdidas o tiempos improductivos, para alcanzar los objetivos de :

- Cero averías
- Cero paradas
- Cero defectos
- Cero accidentes
- Cero stocks

#### **c. Conceptos principales del TPM:**

La filosofía del TPM se traduce en los conceptos principales del TPM que buscan la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo se trata de la participación en las áreas productivas, sino también busca la eficiencia corporativa con la participación de todos los departamentos de la empresa, orientados a la realización de las siguientes acciones principales:

- Conseguir el uso más eficaz del equipo.
- Establecer un sistema de mantenimiento sistemático y planificado (MC, MP, MPd y reingeniería para cada equipo).
- Establecer un sistema de mantenimiento autónomo.
- Implementar cursos de formación y capacitación continua para operadores y mantenedores de máquina.

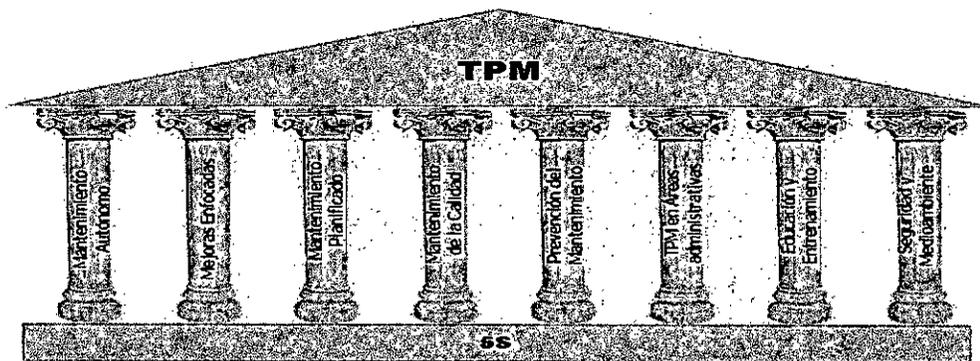
- Establecer un plan de desarrollo de mantenimiento productivo gestión temprana del equipo.
- El objetivo de "cero pérdidas" se logra a través de la eliminación de las Seis Grandes Pérdidas:
- Pérdidas por fallas del equipo.
- Pérdidas por falta de puesta a punto y ajustes de las máquinas
- Pérdidas por tiempos muertos, marchas en vacío, esperas y detenciones menores durante la operación normal.
- Pérdidas por Velocidad de operación reducida,
- Defectos en el proceso productivo (manufacturero o servicio)
- Pérdidas de Arranque. (preparación de maquinaria).

#### d. Pilares del TPM

El cimiento sobre el que se apoya los pilares fundamentales del TPM son las (5's). Los pilares del TPM son 8 (véase la figura 2.12).

Figura 2.12

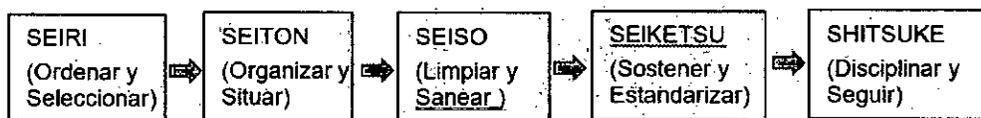
#### PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL



Fuente: (Romero, 2012)

Figura 2.13

#### Filosofía de mejora 5's (Cimiento del TPM)



Fuente: (Romero, 2012)

- **Mantenimiento autónomo**

Una característica básica del TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento, su propósito es involucrar al operador de máquina en el cuidado del equipo a través de un alto grado de formación y preparación profesional, con gran impacto en la mejora de la productividad.

El mantenimiento autónomo está enfocado en que, los propios operadores de máquina sean quienes lleven a cabo el mantenimiento autónomo denominado también mantenimiento de primer nivel, cuyas tareas fundamentales son: limpieza, inspección, lubricación, aprietes y ajustes.

Incluso, pueden estudiar posibles mejoras analizando y solucionando problemas del equipo y todo aquello que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados. Los operadores deben ser previamente capacitados.

El mantenimiento autónomo tiene especial trascendencia en la aplicación práctica de las 5's.

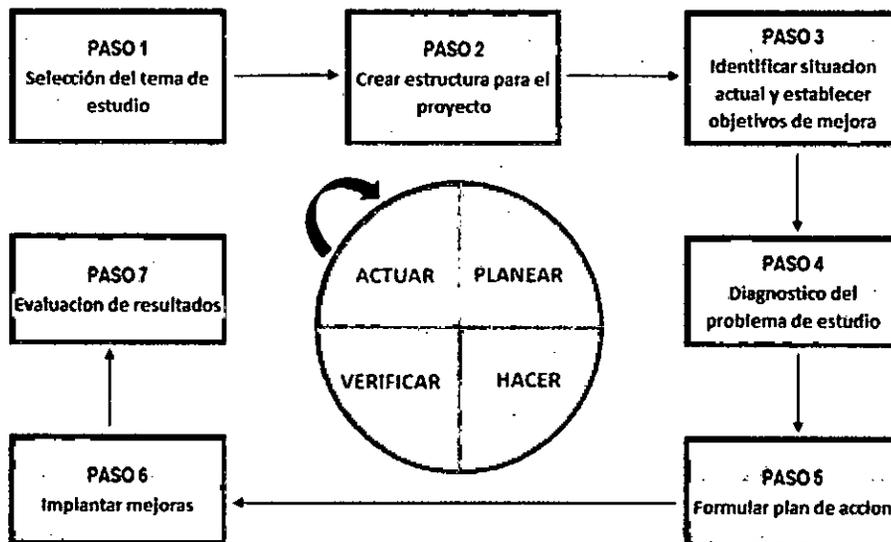
- Mejoras enfocadas.

Son actividades que buscan encontrar formas y actividades más eficientes con la intervención de las diferentes áreas involucradas en el proceso productivo (servicio a la carga) con el objeto de maximizar la eficiencia global de equipos, procesos y plantas.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de control de calidad, aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido ciclo Deming (Planificar-hacer- verificar- actuar). (Ver figura 2.14)

Figura 2.14

CICLO DEMING O PHVA



- Mantenimiento planificado.

El mantenimiento a través de la historia a evolucionado de manera importante en sus tres etapas básicas coincidentes más o menos con las tres etapas del desarrollo industrial. Su transformación a nivel mundial fue también acompañada de la transformación de su gestión.

Los planes y programas de mantenimiento deben orientarse a eliminar los problemas en las maquinas a través de acciones de mejoras, prevención y predicción. Esto es mediante las técnicas de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo.

#### ➤ Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo puede clasificarse en dos sub tipos: mantenimiento correctivo previsto y el mantenimiento correctivo imprevisto.

El mantenimiento correctivo imprevisto denominado también mantenimiento reactivo consiste en intervenir la maquina o instalación cuando su funcionamiento es francamente defectuoso o ya ocurrió la avería con parada total del equipo; por tanto, es mas costosa y peligrosa

El mantenimiento correctivo previsto consiste en intervenir la máquina o instalación antes de la ocurrencia de falla, advertido por signos o testigos de inicio de falla funcional; es decir, la ocurrencia de falla está planificada, o es previsible por tanto menos costosa

➤ **Mantenimiento Preventivo**

Es el conjunto de actividades planificadas que se realizan en periodos de tiempo previamente establecidos, generalmente basado en estadísticas de la vida útil promedio de los elementos de máquina o de la misma máquina. Su característica es que se adelantan antes de la ocurrencia de falla

Los tipos de mantenimiento preventivo pueden clasificarse en: rutinario o básico, periódico o tecnificado y renovativo, que corresponden al primer, segundo y tercer nivel de mantenimiento

➤ **Mantenimiento Predictivo**

La filosofía del mantenimiento a evolucionado y *la medición directa de la condición de la máquina*, es ahora la base de los programas de mantenimiento.

El mantenimiento predictivo es la técnica que mide el estado de funcionamiento de la máquina, para determinar su intervención solo cuando es absolutamente necesario; es decir, detecta posibles fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes

Las características de las prácticas de mantenimiento predictivo son: maximiza la vida útil de la máquina y sus elementos, minimiza paradas improductivas, identifica problemas potenciales, predice cuando y porque intervenir una máquina y aumenta la confiabilidad y disponibilidad

- **Mantenimiento de calidad.**

Es una estrategia del TPM que tiene como propósito mejorar la calidad del producto o servicio, asegurando un equipo con "cero defectos".

El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto servicio resultante

Mantenimiento de Calidad es:

- Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
- Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para "cero defectos" y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
- Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
- Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

(Burga, 2005)

- **Prevención del mantenimiento (Reingeniería).**

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee, con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones. (Burga, 2005)

- **TPM en áreas administrativas.**

Es llevar toda la política de mejoramiento y manejo administrativo a las oficinas (papelerías, órdenes, etc.).

Su objetivo es lograr que las mejoras lleguen a la gerencia de los departamentos administrativos y actividades de soporte y que no solo sean actividades en la planta de producción. Estas mejoras buscan un fortalecimiento de estas áreas, al lograr un equilibrio entre las actividades primarias de la cadena de valor y las actividades de soporte.

- **Educación, entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación.**

El personal operativo y administrativo es la piedra angular de mantenimiento, es uno de los tres elementos básicos del sistema de mantenimiento - máquina - producción y está presente en ambas unidades.

Entre algunos de los aspectos relevantes que se han de tener en cuenta en el factor humano se destacan:

- Selección
- Entrenamiento.
- Crecimiento personal
- Desarrollo.
- Formación para labores específicas
- Adquisición de habilidades para formar parte de grupos proactivos.
- Liderazgo.

- Adiestramiento en una táctica en particular: TPM, RCM, combinada, proactiva, reactiva, World Class, etc.
- Habilidades y competencias.
- Análisis e interpretación de indicadores y resultados.
- Otros aspectos pertinentes.

En especial, es importante resaltar que cada uno de los pasos es fundamental dependiendo de la estrategia, la táctica y las acciones planeadas o no que se deseen en la empresa. (Mora, 2013).

#### Entrenamiento

Correcta instrucción de los empleados relacionada con los procesos en los que trabaja cada uno.

El objetivo principal en este pilar es aumentar las capacidades y habilidades de todo el personal, dando instrucciones de las diferentes actividades de la empresa y como se hacen.

Algunas ventajas que se obtienen son:

- Formar personal competente en equipos y en la mejora continua de su área de responsabilidad.
- Estimular el autodesarrollo del personal.
- Desarrollar recursos humanos que puedan satisfacer las necesidades de trabajo futuras.
- Estimular la formación sistemática del personal.
- **Gestión de seguridad, salud y medio ambiente.**

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medio ambiente.

### **2.3.3 Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)**

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad fue desarrollado en un principio por la industria de la aviación comercial de los Estados Unidos conjuntamente con entidades gubernamentales como la NASA y privadas como la Boeing (constructor de aviones). El Departamento de Defensa de los Estados Unidos ha desarrollado el RCM a partir del año 1974 como base para el mantenimiento de sus sistemas militares aéreos. El éxito del RCM en el sector de la aviación ha traído como consecuencia que otros sectores tales como industrias de manufacturas, petroleros, químicos y generación de energía se interesen en implantar esta filosofía de gestión de mantenimiento. Cada sector aplica esta filosofía adecuándola a sus necesidades de operación, en particular, a esta adecuación en el sector industrial se le conoce como RCM (Améndola, 2002).

Una de las características favorables del RCM es la aplicación constante y actualizada de las nuevas tecnologías. La correcta implementación de las nuevas técnicas de mantenimiento bajo el enfoque del RCM permite optimizar los procesos y disminuir al máximo los posibles riesgos sobre la seguridad personal y el ambiente, los cuales traen consigo los fallos de los activos

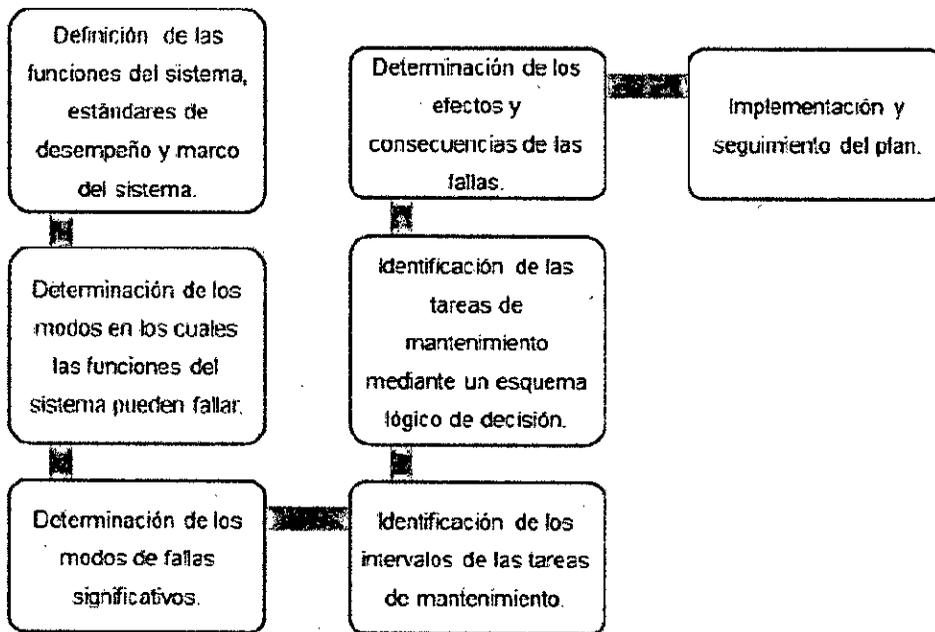
en un contexto operacional específico. Este método requiere la modificación de las prácticas comunes de mantenimiento preventivo. (Rojas, 2015)

- La metodología del RCM se basa en conceptos de la confiabilidad:
- Preservación de las funciones operacionales del sistema.
- Análisis sistemático de los modos de falla que pueden llevar al sistema a dejar cumplir con las funciones operativas.
- Aplicación de la técnica de Análisis de los Modos de Falla y Efectos (AMFE) y del Árbol Lógico de Decisiones.
- Análisis de las consecuencias de las fallas.
- Definición de los tipos de intervenciones de mantenimiento más eficaces.
- Selección de acciones para la eliminación o disminución de las fallas y sus consecuencias.

El RCM debe tener como principales componentes a los diversos tipos de mantenimiento y análisis aplicables a cada caso (véase la figura 2.15)

Figura 2.15

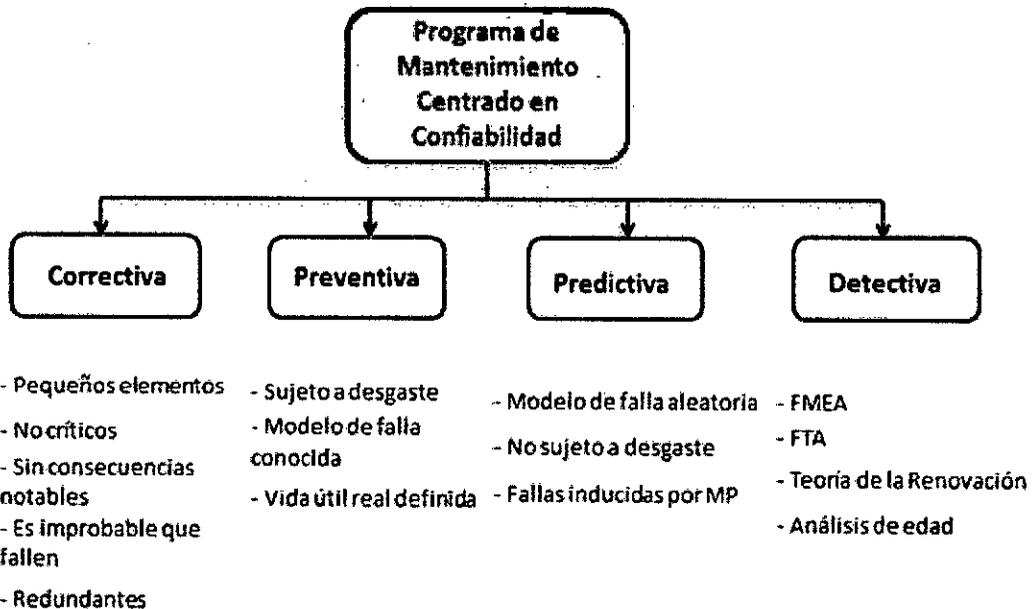
SECUENCIA A DESARROLLAR EN LA METODOLOGÍA RCM



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2.16

## PRINCIPALES COMPONENTES DE UN RCM



Fuente: International Copper Association Latin America (2012)

### 2.3.4 Mantenimiento de Clase Mundial (World Class Maintenance)

Un anhelo de las áreas de mantenimiento es llegar a ser una organización de clase mundial, definidas como el mantenimiento sin desperdicio, en el cual este es la diferencia entre la manera como se realizan las diferentes acciones en la actualidad y en cómo se deben hacer con un nivel óptimo.

Se basa en anticiparse a lo que suceda en el futuro, y su función básica es convertir toda clase de reparación o modificación en actividades planeadas que eviten fallas a toda costa. Una organización de clase mundial no solo se basa en el hacer, también en el pensar (Idhammar, 1997a, 1997b, 1999).

La orientación de la gestión de mantenimiento hacia clase mundial exige cambiar de actitud y de cultura en la organización. Requiere que se tenga un alto nivel de prevención y planeación, soportado en un adecuado sistema gerencial de información de mantenimiento (CMMS), muy orientado hacia las metas y objetivos fijados previamente y realizando las cosas que haya que hacer en la forma más correcta posible con el mayor grado de profundidad científica.

Utiliza el benchmarking como herramienta para alcanzar mejores costos, mejor productividad y máxima competitividad a través del mejoramiento continuo (Boxwell, 1994).

Los pasos fundamentales para implementar una táctica de clase mundial son: planeación, prevención, programación, anticipación, fiabilidad, análisis de pérdidas de producción y de repuestos, información técnica y cubrimientos de los turnos de operación, todo ello soportado en una organización adecuada y apoyada por sistemas de información computarizados, con un cambio de actitud y cultura hacia el cliente (producción u otro departamento interno o externo que añada valor agregado) (Adamar, 1997a).

Algunos principios estratégicos que se deben tener en cuenta en la táctica de clase mundial, son:

- Es un proceso de largo plazo, es decir, no se deben esperar resultados inmediatos.
- Implementar el mantenimiento de clase mundial sobre la situación real de la empresa.

- Los sistemas que se basan en cambios estructurales, culturales y organizacionales de la empresa duran más tiempo y son de mediano y de largo plazos.
- Un modelo bien estructurado simple es más efectivo que uno complejo, ya que es más duradero y necesita menos entrenamiento.
- Los cambios de actitud y cultura requieren que las personas de la empresa tengan mucha capacitación, entrenamiento y práctica.
- Mientras mejor sea la estrategia, mejores serán los resultados.
- Ninguna iniciativa de clase mundial debe ser lanzada de forma imprevista, urgente y con apremio.
- La táctica de clase mundial se centra en las normas y en la solución de problemas.
- El World Class, requiere la estratificación del mercado objetivo en función de continentes, países, regiones, normas y costumbres.
- Debe haber un alto compromiso de los empleados y un alto nivel de apropiación de todas las personas que forman parte del proceso de clase mundial. Todas las
- personas que participan en la implementación de la táctica de clase mundial lo hacen en forma voluntaria, impulsadas más por la motivación que por obligación.

Las organizaciones que siguen esta táctica normalmente se apoyan en leyes de clase mundial en mantenimiento, como: Oreda, Afnor, British Standard, Eireda, SAE, Military Standard, ESReDA, ISO, DIN, ASME y muchas otras propias de regiones o países. Esta técnica también la utilizan las empresas que exportan gran parte de sus productos o servicios y se tienen que acoger a las normas de las naciones donde llevan sus bienes (Mora, 2013).

## 2.4 DEFINICIONES DE TÉRMINOS BÁSICO.

Las definiciones que a continuación se exponen, están relacionadas explícitamente con los conceptos y teorías de Gestión de Mantenimiento y del propósito del presente estudio:

**Calidad y productividad:** Parámetros fundamentales del TPM. Determina el nivel de productividad con calidad, de la empresa.

**Clase mundial:** Término utilizado para empresas que utilizan todos los instrumentos modernos de administración, tecnología y procesos; es decir que, cumplen adecuadamente los requisitos mundiales de calidad y especialización.

**Calidad del servicio del equipo:** Tasa de servicio a la carga que proporciona el equipo, que relaciona el tiempo productivo neto (TPN) y el tiempo de operación utilizable del equipo.

**Disponibilidad del equipo portuario:** Tasa de operación del equipo que relaciona el tiempo de operación neta (TON) con el tiempo de funcionamiento (TF).

**Diagrama “causa – raíz” o “causa – efecto”:** Representación o esquema en el que se relaciona, el problema a analizar y diferentes

causas-raíces. Metodología para el análisis y resolución de problemas. Método Ishikawa

**Empresa de clase mundial:** Es aquella que puede competir en términos de eficiencia y calidad con cualquier otra en el mundo.

**Eficiencia global del equipo OEE:** Medición de la productividad y efectividad real de los equipos. Relaciona la calidad del servicio, disponibilidad y rendimiento del equipo.

**Eficiencia del equipo:** Tasa de rendimiento del equipo portuario que relaciona el tiempo de operación utilizable (TOU) con el tiempo de operación neta (TON).

**Estrategias de mantenimiento:** Técnicas de mantenimiento tradicionales del equipo: MC, MP, MPd.

**Fiabilidad:** Calidad de la máquina sujeta a medición, como el tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallas consecutivas. Que no falle ni tenga velocidad reducida.

**Gestión de equipos:** Diseño y aplicación de técnicas adecuadas de Selección, Operación y Mantenimiento del equipo portuario, desde la perspectiva empresarial.

**Gestión moderna:** Adopción de tecnologías o métodos de gestión probados y/o desarrollados por empresas modernas de clase mundial.

**Gestión temprana del equipo:** Estrategia del MPT. Aplica conceptos de prevención temprana del mantenimiento: selección correcta del tipo equipo, desde el mismo momento de su diseño y fabricación, aplica el concepto de mantenibilidad

**Innovaciones tecnológicas:** Cambio y/o adecuación de paradigmas y métodos tradicionales de mantenimiento.

**Indicadores de gestión:** medición de performance de parámetros de gestión: rentabilidad de mantenimiento, productividad, OEE, tiempos netos productivos, etc.,

**Investigación y desarrollo:** Diagnóstico situacional del nivel de gestión del mantenimiento y aplicación de la tecnología idónea para el equipo.

**Mantenimiento Productivo total TPM:** Tecnología de gestión de mantenimiento. Aplica el concepto de calidad total al mantenimiento, visto desde el ángulo de función empresarial.

**Mantenibilidad del equipo:** Calidad del equipo ser mantenido con menor o mayor grado de facilidad.

**Mantenimiento correctivo MC:** Consiste en intervenir la máquina en respuesta inmediata a una inspección o diagnóstico de falla incipiente.

**Mantenimiento Preventivo MP:** Conjunto de actividades planificadas de realización sistemática, en períodos de tiempo previamente establecidos.

**Mantenimiento Predictivo MPd:** Técnica que mide el estado de funcionamiento de la máquina, para determinar su intervención solo cuando es absolutamente necesario.

**Mantenimiento autónomo:** Elemento clave del TPM. Participación de los operadores en labores rutinarias de mantenimiento: limpieza, lubricación, inspección.

**Mantenimiento Proactivo:** Técnica enfocada en la identificación y corrección de las causas que originan las fallas en equipos o sus componentes, esta técnica implementa soluciones que atacan la causa de los problemas no los efectos.

**Mejora continua.** Filosofía que intenta optimizar y aumentar la calidad del servicio a la carga contenedorizada, siguiendo la metodología del *Círculo de Deming*: Planea, ejecuta, verifica y actúa.

**OEE Clase mundial 85%:** Empresas con tasa de disponibilidad 90%, tasa de rendimiento 95% y tasa de calidad 99%

**Operabilidad:** Que el equipo portuario permita una operación controlada y confiable.

**RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad:** Metodología de mantenimiento basado en la confiabilidad o fiabilidad del equipo.

**Sistema de gestión de mantenimiento:** Diseño robusto, orientado al mantenimiento idóneo para el equipo portuario: MC eficaz, MP a medida y MPd total.

**Técnicas predictivas:** métodos de predicción y pronóstico de falla, mediante el Análisis vibracional, Ferrografía, Termología, Ultrasonido y ensayos no destructivos (END).

**TEU** : Unidad equivalente a un contenedor estándar de 20 pies

**Umbral de medición:** Límites permisibles de parámetros controlados por las técnicas predictivas del MPd.

## **CAPÍTULO III**

### **VARIABLES E HIPÓTESIS.**

#### **3.1 DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES.**

##### **3.1.1 Variables independientes.**

###### **Gestión de mantenimiento.**

- Efectividad neta del equipo.
- Productividad efectiva total del equipo.
- Índice de tiempo promedio entre fallas.

##### **3.1.2 Variables dependientes.**

###### **Eficiencia Global del Equipo.**

- Disponibilidad del equipo.
- Rendimiento del equipo.
- Calidad del servicio a la carga.

### 3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
V.I: Gestión de mantenimiento	<p>X1: Efectividad neta del equipo (NEE).</p> <p>X2: Productividad efectiva total del equipo (TEEP).</p> <p>X3: Índice de tiempo promedio entre fallas (MTBF).</p>	<p>Tiempo productivo neto y tiempo para operar.</p> <p>Tiempo productivo neto y tiempo disponible.</p> <p>Tiempo de operación neta y numero de fallas</p>
V.D: Eficiencia global del equipo (OEE)	<p>Y1: Disponibilidad del equipo (A).</p> <p>Y2: Rendimiento o productividad del equipo (<math>\eta</math>).</p> <p>Y3: Calidad del servicio del equipo (Q).</p>	<p>Tiempo de operación neta y tiempo de funcionamiento.</p> <p>Tiempo de operación utilizable y tiempo de operación neta.</p> <p>Tiempo productivo neto y tiempo de operación utilizable.</p>

### **3.3 HIPÓTESIS GENERAL E HIPÓTESIS ESPECÍFICOS.**

#### **3.3.1 Hipótesis general.**

Si se optimiza la gestión de mantenimiento basado en la eficiencia global del equipo (OEE), entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.

#### **3.3.2 Hipótesis específicas.**

Si se optimiza la disponibilidad del equipo para carga contenedorizada, basado en el análisis, identificación y cuantificación de los factores que le afectan, entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial de la Eficiencia Global del Equipo (OEE).

Si se optimiza el rendimiento o performance del equipo para carga contenedorizada, basado en el análisis, identificación y cuantificación de los factores que le afectan, entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial de la Eficiencia Global del Equipo (OEE).

Si se optimiza la calidad del servicio a la carga contenedorizada, basado en el análisis, identificación y cuantificación de los factores que le afectan, entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial de la Eficiencia Global del Equipo (OEE).

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA.**

#### **4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.**

##### **4.1.1 Aplicativa.**

El análisis y diagnóstico de la eficiencia global del equipo, tiene aplicación práctica en la optimización o mejora de la gestión de mantenimiento del equipo para carga contenedorizada.

##### **4.1.2 Alcance**

###### **CAUSAL:**

El alcance de la tesis se fundamenta en la relación causa-efecto, entre la gestión de mantenimiento y la Eficiencia global del equipo.

###### **DESCRIPTIVO:**

Describirá la identificación y cuantificación de los factores que afectan la eficiencia global del equipo (OEE), respecto de las técnicas de gestión y de mantenimiento aplicados actualmente.

#### **4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

El procedimiento de la investigación corresponderá a la siguiente clasificación:

- Tipo de investigación : Aplicada.
- Alcance de la investigación : Causal, descriptivo.

- Diseño de la investigación : No experimental, transversal.

Se analizará y establecerá la incidencia de la tasa de la eficiencia global del equipo en el nivel de gestión de mantenimiento del equipo para carga contenedorizada.

Con los valores de los indicadores de la OEE, se establecerán las relaciones e interdependencia entre las variables estudiadas, para demostrar la incidencia causal entre el OEE y la gestión del mantenimiento del equipo.

En lo que respecta al diseño de la investigación, el estudio se considera como “No experimental y transversal”; es decir, las conclusiones de la investigación se harán extensiva a otros terminales de contenedores de características similares.

En cuanto a la naturaleza de los datos, estos serán obtenidos de acuerdo al “*método cuantitativo*”; es decir mediante una medición sistemática, empleando el análisis de las estadísticas de paralizaciones.

#### **4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

La población actual de terminales portuarios de contenedores en el Perú, son tres (03), distribuidos dos (02) en el puerto del Callao y uno (01) en el puerto de Paita.

En cuanto a la muestra, se ha considerado solo una terminal de contenedores del Terminal Portuario del Callao.

#### **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

Técnica documental: La recolección de datos, serán tomadas de los reportes de operación (ship report) emitidas por la terminal, análisis de información estadística de tiempos de parada durante las operativas de embarque y descarga de contenedores en la terminal.

Análisis de Niveles de servicio y productividad (NSP) establecidas por la Autoridad Portuaria Nacional (APN) y supervisada por el Organismo de la inversión en Infraestructura de Transporte de Uso público (OSITRAN).

#### **4.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.**

##### **4.5.1 Descripción general de la terminal.**

El terminal marítimo relacionado con el presente estudio, es una terminal multipropósito que opera carga contenedorizada y carga general como: carga de proyecto, carga rodante, carga fraccionada, granos, fertilizantes, productos químicos, aceites vegetales y de pescado, así como cruceros.

Adjudicataria de la concesión del muelle norte del Terminal Portuario del Callao por un período de 30 años, inició sus operaciones como tal, en el año 2011.

Según el informe anual de la Autoridad Portuaria Nacional APN, la terminal multipropósito (muelle norte), fue la terminal que movió más carga en el año 2017, con 17'696,016 TM, según el ranking de terminales portuarios "Top 20" del sistema nacional portuario. (Autoridad Portuaria Nacional, 2018)

En cuanto al movimiento de contenedores manipulado por el muelle 5 (amarraderos 5A y 5D), terminal especializado, este se disminuyó en – 17.7% respecto del año 2016; es decir, la cantidad de contenedores movilizados el 2017 fue, 1'691,240 TEUs. (AUTORIDAD PORTUARIA NACIONAL, 2017)

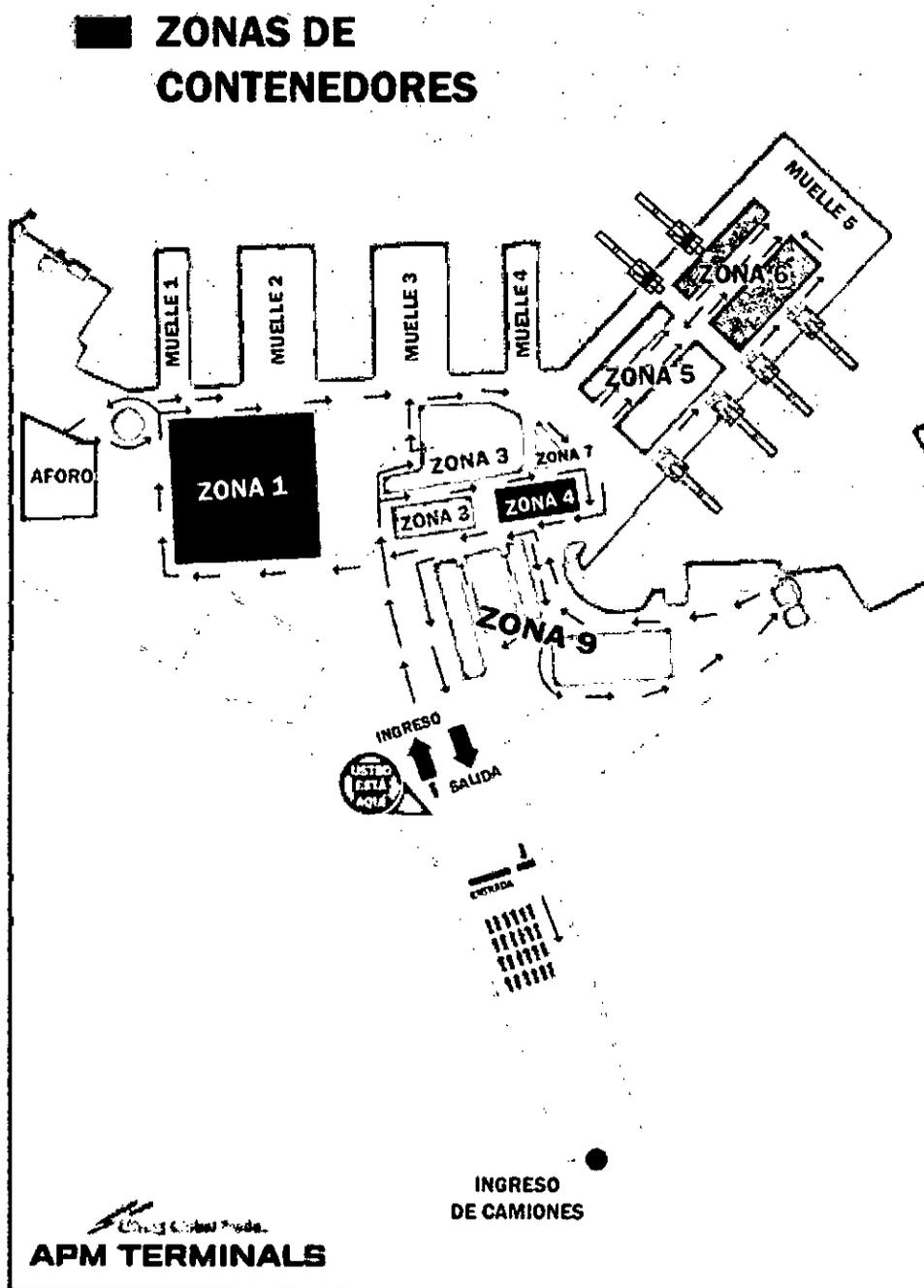
Las facilidades para las operativas de carga y descarga de naves, está conformada por siete (07) muelles con catorce (14) amarraderos; de los cuales, dos (02) amarraderos ubicados en el muelle 5, son especializados para el manipuleo de contenedores, donde operan seis (06) grúas pórtico de muelle, STS. (véase cuadro 4.1)

Cuadro 4.1  
**CARACTERÍSTICAS GENERALES MUELLE 5 PARA  
 CONTENEDORES.**

<b>AMARRADERO</b>	<b>LONGITUD</b>	<b>ANCHO</b>	<b>PROFUNDIDAD</b>
5 <sup>a</sup>	390 m	207 m	12 m
5D	560 m	207 m	15 m

*Fuente: (APM TERMINALS, 2018)*

Figura 4.1  
MUELLE DE CONTENEDORES



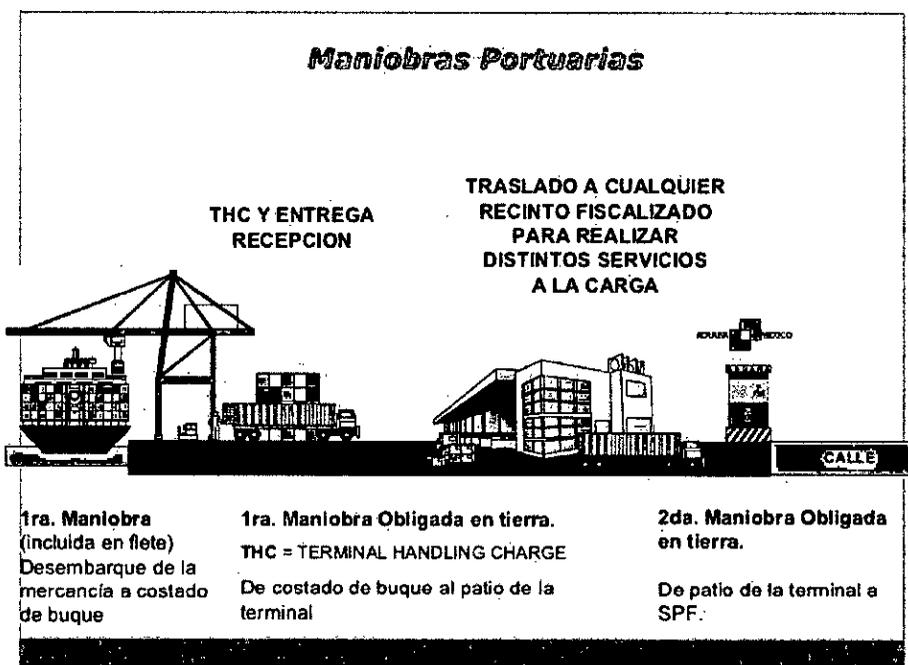
Fuente: (APM TERMINALS, 2018)

#### 4.5.2 Descripción del proceso de carga y descarga de contenedores.

El proceso general se inicia con el ingreso del contenedor a la terminal, a través de la balanza, seguido del traslado al patio, apilado en el patio, traslado al muelle de embarque y embarque en el buque. La operativa de descarga, sigue el proceso inverso.

Figura 4.2

#### PROCESO GENERAL DE CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES.



Fuente: (Salazar, 2011)

Las actividades complementarias que tienen lugar en los procesos de carga y descarga de contenedores, son:

- Servicio de trinca y destrinca,
- Verificación de carga (tarja),

- Pesaje.
- Servicios aduaneros.
- Almacenamiento temporal en la terminal.

#### **4.5.3 Sistema de mantenimiento actual de equipos.**

El sistema de mantenimiento del equipo para carga contenedorizada, está referido a un plan general de mantenimiento como política de empresa, para todo el equipamiento portuario de servicio a los diversos tipos de carga; sin embargo, no se advierte la práctica de técnicas y/o estrategias de gestión moderna del mantenimiento.

El Plan de mantenimiento, comprende programas de mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento predictivo, de ejecución sistemática y programada. Si bien es cierto que, la ejecución del plan es debidamente planificado y programado, ésta no se cumple por la prioridad que tienen las operaciones portuarias, sobre las actividades y necesidades de mantenimiento del equipo.

Los períodos y frecuencias de las tareas del mantenimiento, son generalmente rebasadas con amplitud, originando retrasos importantes en su ejecución, lo que trae consigo fallas inesperadas, baja performance o velocidad reducida del equipo, inoperatividad y tiempos de paradas elevadas por fallas o averías, baja eficiencia del servicio y disminución de la productividad de la terminal; a tal punto que, cuentan con un área específica dedicada exclusivamente al mantenimiento correctivo y reactivo de emergencia.

Actualmente en la empresa, solo se realiza mantenimiento correctivo y muy raras veces mantenimiento preventivo a las grúas, por lo que estas no se encuentran operativas en un 100% y por lo tanto la productividad disminuye. (Robles, 2015)

#### **4.5.4 Parque actual del equipamiento portacontenedor.**

El equipamiento principal especializado para manipuleo de carga contenedorizada, de la terminal marítima de contenedores, está conformado por seis (06) grúas pórtico de muelle STS, catorce (14) grúas pórtico de patio RTG y cuatro (04) grúas móviles de pluma MHC.

El equipamiento auxiliar, para traslado de contenedores muelle – buque y viciversa, para manipuleo de contenedores vacíos en patio y manipuleo de contenedores cargado y vacíos (apilado de contenedores), está conformado por 34 tractores de terminal TT, 4 carretillas apiladoras lift-trucks y 18 carretillas apiladoras reach stacker RS, respectivamente.

Cuadro 4.2

## EQUIPO PARA CARGA CONTENEDORIZADA

<b>Equipo</b>	<b>Modelo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Alcance</b>
Grúa p <sup>o</sup> rtico de muelle STS	Super Post Panamax.	4	23 contenedores
Grúa p <sup>o</sup> rtico de muelle STS	Panamax	2	13 contenedores.
Grúa m <sup>o</sup> viles MHC	Post Panamax	4	19 contenedores
Grúa p <sup>o</sup> rtico de patio RTG	El <sup>o</sup> ctricas	12	5 niveles de contenedores
Grúa p <sup>o</sup> rtico de patio RTG	Diesel	2	5 niveles de contenedores

Fuente: *Elaboración propia.*

#### 4.5.5 Niveles de servicio y productividad contractual.

Los niveles de servicio y productividad NSP contractual (contrato de concesión), ha sido determinados por la Autoridad Portuaria Nacional APN cuyo cumplimiento son trimestralmente supervisadas por el Organismo Supervisor de

la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público OSITRAN.

Los niveles de servicio y productividad contractual vigente para carga contenedorizada, para Terminal Norte multipropósito es:

$NSP \geq 25$  Contenedores / grúa / hora.

De acuerdo al último informe de OSITRAN, realizado para el trimestre Octubre-Diciembre 2016, se observa que, desde el tercer trimestre del 2012 al último trimestre del 2016, el movimiento de contenedores ha alcanzado un promedio de:

$NSP = 26.8$  Contenedores / grúa / hora.

El promedio demuestra que el NSP exigido contractualmente, es ligeramente mayor; sin embargo, no significa que la productividad es óptima, por cuanto si bien es cierto que este indicador se denomina "*nivel de servicio y productividad*" sería más bien "*rendimiento de operación*".

#### **4.5.6 Análisis y composición de los tiempos de parada.**

Las paralizaciones que se producen durante las operaciones de embarque y desembarque de contenedores, se registran mediante códigos asignados por la terminal. Estas responden a las características, origen o ámbito operativo, relacionados con paradas por:

**a. Operaciones:**

Accidentes, trinca, destrinca, traslado de grúas, carga suelta, estibadores, subida y bajada del bomm, etc

**b. Planning (planeamiento):**

Esperas por planos, camiones, error de planificación, etc.

**c. Mantenimiento correctivo:**

Fallas de funcionamiento, desajustes, averías, etc.

**d. Línea naviera:**

Conexión y desconexión de reefer, demoras de maniobra.

**e. Nombrada:**

Error de programación de personal, estibadores, etc

**f. Casos fortuitos /fuerza mayor:**

Efectos climáticos, paros, huelgas, puerto cerrado, etc.

Cuadro 4.3  
CÓDIGO DE PARALIZACIONES.

Operaciones	
Delay	Description
002	Por accidente
005	Caja de Piña Descarga / Embarque
008	Trinca / Destrinca
009	Traslado de Grúas Móviles
010	Conectar / desconectar Reefer en Patio
106	Carga Sobredimensionada / Suelta
107	Ingreso de Estibadores / Doble Turno
108	Subida / Bajada de Boom
109	Movimiento de Tapa
112	Cambio de Spreader (1)
113	Cambio de Grúa de Estibadores

Planning	
Delay	Description
001	Espera por planos
006	Espera por camiones
007	Mala planificación en patio

Mantenimiento	
Delay	Description
003	Grúa malograda (GRUA PORTICO/MHC)
004	Fallas / Cambio en Sprader (MHC/STS)

Línea Naviera	
Delay	Description
101	Decisión de la Línea o Buque
102	Problema de piñas o en mal estado
103	Conectar / desconectar Reefer a bordo
104	Solicitud de cambios
105	Grúa malograda del Buque (CONVENCIONAL)

Nombrada	
Delay	Description
011	Error en la nombrada

Caso Fortuito / Fuerza Mayor	
Delay	Description
100	Por clima
110	Paro de Estibadores
111	Puerto Cerrado

Fuente: (Robles, 2015)

El análisis de los tiempos de parada para la medición de la Eficiencia Global de Equipo OEE, considera cinco (05) grupos, denominados:

**a. Tiempo de parada planificada (TPP):**

Corresponde a la paralización por mantenimiento preventivo (MP), y algún otro evento totalmente previsible y planificado.

**b. Tiempo de preparación del equipo (TPE):**

por adecuación y/o habilitación de la máquina para inicio de operaciones; en este caso, spreader, pluma, tapas, etc, y las actividades relacionadas al planeamiento.

**c. Tiempo de parada no planificado (TPNP):**

Relacionado directamente con las paradas por fallas y mantenimiento correctivo.

**d. Tiempo perdido por operaciones (TPOP):**

Eventos relacionados con traslados, maniobras, posicionamiento, programación de operaciones, identificación de carga, estibadores, personal, etc.

**e. Tiempo perdido por defectos (TPD):**

Corresponde a esperas y operaciones o maniobras deficientes que se relacionan con la calidad del servicio.

Las paralizaciones codificadas por la terminal (véase cuadro 4.3, en la página 96), muestran algunas actividades consideradas en ubicaciones distintas a la clasificación del OEE. Sin embargo, para efectos de la medición, esto es subsanable adecuándolos a lo requerido por el OEE. (Véase cuadro 4.4)

Cuadro 4.4

**CUADRO DE EQUIVALENCIAS – TIEMPOS.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>O E E</b>	<b>TERMINAL CONTENEDORES</b>
Tiempo de paradas planificadas	<b>TPP</b>	Mantenimiento Preventivo (MP)
Tiempo de preparación del equipo	<b>TPE</b>	Planning
Tiempo de parada no planificada	<b>TPNP</b>	Mantenimiento correctivo (MC)
Tiempo de parada por operación	<b>TPOP</b>	Operaciones
Tiempo perdido por defecto	<b>TPD</b>	Otros

*Fuente: Elaboración propia.*

## 4.6 Procedimiento estadístico y análisis de datos

### 4.6.1 Análisis de la estadística de tiempos de parada.

Cuadro 4.5

#### PARALIZACIONES DE GRÚAS PÓRTICO

VESSEL INFORMATION				VESSEL DELAYS INFO								
GENERAL		OPS (Operaciones)		PARALIZACIÓN DE GRÚAS								
Vessel Name	Inicio de Operaciones	Termino de Operaciones	TOTAL DELAYS	OPS	Atribución	Planning	Atribución	TECH	Atribución	Otro	Atribución	
1	MSC BREMEN	03/01 01:10	03/01 23:53	07:37	01:37	20.34%	02:50	35.64%	02:20	29.35%	01:10	14.65%
2	COSCO TIANJIN	05/01 07:20	05/01 07:15	08:10	01:45	21.43%	02:20	28.57%	03:45	45.92%	00:20	4.06%
3	MSC INGRID	06/01 10:50	07/01 02:10	08:24	02:37	31.15%	01:27	17.26%	05:15	58.69%	01:05	12.90%
4	HANSA COBURG	11/01 16:00	12/01 00:15	02:11	01:15	57.25%	00:15	11.45%	00:41	31.30%	00:00	0.00%
5	MSC NURIA	17/01 01:45	17/01 14:05	06:56	01:00	14.42%	01:30	21.63%	03:53	56.01%	00:33	7.93%
6	CAP MORETON	19/01 01:40	19/01 21:35	09:20	00:45	22.50%	01:15	37.50%	01:00	30.00%	00:20	10.00%
7	EM HYDRA	21/02 15:45	01/02 20:25	01:40	00:35	35.00%	00:25	25.00%	00:35	35.00%	00:05	5.00%
8	KOTA LANGSAR	03/02 07:13	04/02 05:50	04:24	00:50	18.94%	01:45	39.77%	01:30	34.09%	00:19	7.20%
9	SANTA PRISCILLA	07/02 00:30	07/02 16:20	05:37	01:00	17.80%	01:30	26.71%	02:37	46.59%	00:30	8.90%
50	MSC ROSARIA	24/08 08:40	25/08 02:45	06:03	01:45	28.93%	00:37	10.19%	03:10	52.34%	00:31	8.54%
54	MARGRIT RICKMER	15/09 07:10	15/09 22:50	07:30	00:30	6.67%	02:10	28.89%	02:00	26.67%	02:50	37.78%
55	ITAL UNIVERSO	19/09 01:05	19/09 21:40	06:14	00:25	6.68%	01:40	26.74%	02:14	35.83%	01:55	30.75%
56	CNP PAITA	21/09 00:45	21/09 23:35	03:23	01:00	18.55%	01:45	32.51%	02:23	44.27%	00:15	4.64%
57	SANTA PRISCILLA	22/09 08:45	23/09 02:25	05:27	01:15	22.94%	01:27	26.61%	02:00	38.70%	00:45	13.76%
	PROMEDIO					20.02%		27.67%		40.26%		12.06%

Fuente: (Robles Rojas, 2015)

Cuadro 4.6

#### ESTADÍSTICA DE TIEMPOS DE PARADA

INFORMACIÓN DEL BARCO				INFORMACIÓN DE RETRASOS DEL BARCO										
GENERAL		OPS (Operaciones)		PARALIZACIÓN DE GRÚAS										
Numero del Barco	Inicio de Operaciones	Termino de Operaciones	Tiempo de Parada	Atribución	TEOP	Atribución	TEG	Atribución	TEP	Atribución	TEO	Atribución		
1	MSC BREMEN	03/01 01:10	03/01 23:53	22.72	7.95	35.00%	1.62	20.34%	2.83	35.64%	2.33	29.35%	1.17	14.68%
2	COSCO TIANJIN	05/01 07:20	05/01 07:15	23.92	8.17	34.15%	1.75	21.43%	2.33	28.57%	3.75	45.92%	0.33	4.06%
3	MSC INGRID	06/01 10:50	07/01 05:10	18.83	8.40	44.60%	2.62	31.15%	1.45	17.26%	3.25	38.69%	1.08	12.90%
4	HANSA COBURG	11/01 16:00	12/01 00:15	8.25	2.18	26.46%	1.25	57.25%	0.25	11.45%	0.68	31.30%	0.00	0.00%
5	MSC NURIA	17/01 01:45	17/01 14:05	12.67	6.93	54.74%	1.00	14.42%	1.50	21.63%	3.88	56.01%	0.55	7.93%
6	CAP MORETON	19/01 01:40	19/01 21:35	19.92	3.33	16.74%	0.75	22.50%	1.25	37.50%	1.00	30.00%	0.33	10.00%
7	EM HYDRA	01/02 15:45	01/02 20:25	4.67	1.67	35.71%	0.58	35.00%	0.42	25.00%	0.58	35.00%	0.08	5.00%
8	KOTA LANGSAR	03/02 07:13	04/02 05:50	22.62	4.40	19.45%	0.83	18.94%	1.75	39.77%	1.50	34.09%	0.32	7.20%
9	SANTA PRISCILLA	07/02 00:30	07/02 16:20	15.83	5.62	35.47%	1.00	17.80%	1.50	29.71%	2.62	46.59%	0.50	8.90%
10	MSC ROSARIA	24/08 08:40	25/08 02:45	18.08	6.05	33.46%	1.75	28.93%	0.62	10.19%	3.17	52.34%	0.52	8.54%
11	MARGRIT RICKMER	15/09 07:10	15/09 22:50	15.67	7.90	47.87%	0.50	6.67%	2.17	28.89%	2.00	26.67%	2.83	37.78%
12	ITAL UNIVERSO	19/09 01:05	19/09 21:40	16.58	6.23	37.59%	0.42	6.68%	1.67	26.74%	2.23	35.83%	1.92	30.75%
13	CNP PAITA	21/09 00:45	21/09 23:35	22.83	5.38	23.58%	1.00	18.58%	1.75	32.51%	2.38	44.27%	0.25	4.64%
14	SANTA PRISCILLA	22/09 08:45	23/09 02:25	17.67	5.45	30.85%	1.25	22.94%	1.45	26.61%	2.00	36.70%	0.75	13.76%
	PROMEDIO					33.98%		23.04%		26.32%		38.77%		11.87%

Fuente: Elaboración propia

Los cuadros 4.5 y 4.6 muestran resultados similares entre lo analizado por la fuente (Robles, 2015) y la de elaboración propia. Por tanto, para el cálculo del OEE, se tomarán los datos del cuadro 4.6.

#### **4.6.2 Medición y diagnóstico del OEE actual – Escenario 1**

Para la medición del OEE actual del equipamiento de la terminal, se han tomado las siguientes consideraciones:

- a. Los tiempos de los mantenimiento preventivo y correctivo, se encuentran dentro del estándar de sistemas y planes de mantenimiento; esto es; 70% MP y 30% MC.
- b. Los tiempos de parada no planificado (TPNP) contabilizados en los reportes de operación de la terminal (véase el Cuadro 4.6, en la página 91), como 38.77% del total de horas de operación por nave, corresponden al Mantenimiento correctivo, que relacionado con las horas de operación de la muestra y proyectado al año (8760 horas), resulta: 1,153.85 horas al año.
- c. Del mismo modo, con el mismo procedimiento utilizado para el mantenimiento correctivo, el tiempo de parada planificado (TPP), que corresponde exclusivamente al mantenimiento preventivo, resulta: 2,692.3 horas al año.
- d. El tiempo perdido por operaciones (TPOP), que representa el 23.04 % del tiempo total de paradas al año, resulta: 685.87 horas al año.
- e. El tiempo de preparación del equipo (TPE), que representa el 26.32 % del tiempo total de paradas al año, resulta: 783.34 horas al año.

f. Finalmente, el tiempo perdido por "defectos" (TPD), que representa el 11.87% del tiempo total de paradas al año, resulta: 353.24 horas al año.

El siguiente cuadro muestra la distribución de horas de los diferentes eventos, que procesa la metodología de cálculo del OEE.

Donde:

**A** es la tasa de disponibilidad, **N**: tasa de rendimiento y **Q**: tasa de calidad del servicio.

Cuadro 4.7  
DISTRIBUCIÓN DE HORAS DE EVENTOS

Tiempo disponible	TD	8760.00	hrs
Tiempo total de parada	TTP	2976.32	hrs
Tiempo de parada no planificada	TPNP	1153.86	hrs
Tiempo de preparación del equipo	TPE	783.34	hrs
Tiempo perdido por operaciones	TPOP	685.87	hrs
Tiempo perdido por defectos	TPD	353.24	hrs
Tiempo de parada planificada	TPP	2692.33	hrs
Tiempo de funcionamiento	TF	6067.67	hrs
Tiempo para operar	TPO	5284.32	hrs
Tiempo de operación neta	TON	4130.46	hrs
Tiempo operativo utilizable	TOU	3444.59	hrs
Tiempo productivo neto	TPN	3091.35	hrs
<b>EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO</b>	<b>OEE</b>	<b>50.95%</b>	<b>%</b>
Efectividad neta del equipo	NEE	58.50%	%
Productividad efectiva total del equipo	TEEP	35.29%	%
DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO	<b>A</b>	68.07%	%
RENDIMIENTO DEL EQUIPO	<b>N</b>	83.39%	%
CALIDAD DEL SERVICIO	<b>Q</b>	89.75%	%

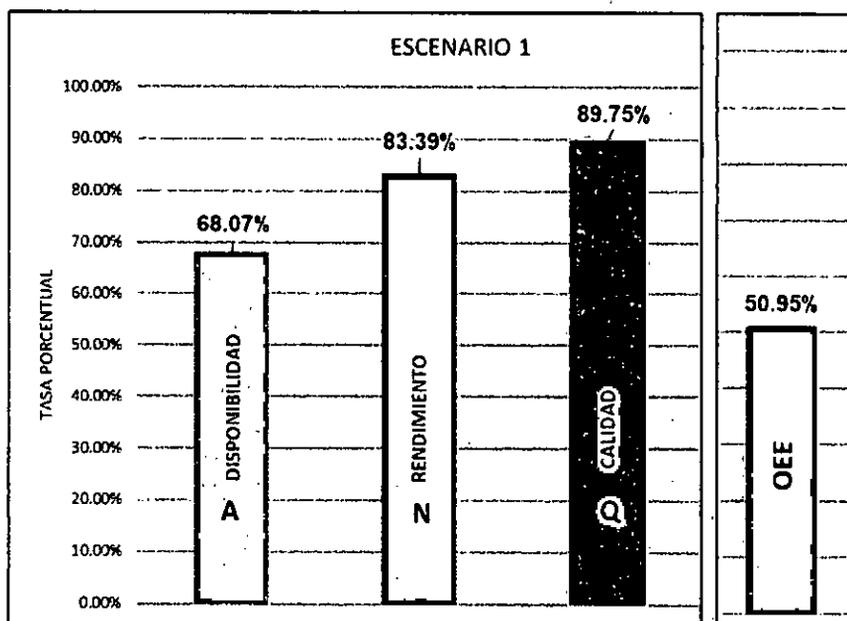
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4.8  
CÁLCULO DE TIEMPOS DEL OEE

<b>TD = 8760.00</b>	
<b>TF = 6067.67</b>	
TPP = 2692.33	
<b>TPO = 5284.32</b>	<b>TPE = 783.34</b>
<b>TON = 4130.46</b>	<b>TPNP = 1153.86</b>
<b>TOU = 3444.59</b>	<b>TPOP = 685.87</b>
<b>TPN = 3091.35</b>	<b>TPD = 353.24</b>
$OEE = \frac{3091.35}{6067.67} * 100 = 50.95\%$ <b>EFFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO</b>	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.1  
VALORES ACTUALES DE A, N, Q Y OEE



Fuente: Elaboración propia

#### **4.7 Planteamiento de optimización de la gestión de mantenimiento**

La eficiencia global de equipo OEE, es fundamentalmente el indicador del nivel o grado de eficiencia del sistema de mantenimiento del equipo de un determinado proceso productivo.

Actualmente, el OEE del equipo productivo de la terminal de contenedores, es relativamente bajo; esto es, 50.95% (véase cuadro 4.8, en la página 103), clasificándose sólo como *regular* (véase cuadro 2.4, en la página 59), originado principalmente por la acumulación de gran cantidad de horas por paradas no planificadas; es decir, por fallas funcionales y averías.

El bajo nivel del OEE del equipo, evidencia también el nivel de mantenimiento del equipo; esto es, del sistema o gestión del mantenimiento actual del equipamiento para carga contenedorizada.

El objetivo planteado en la presente tesis, es optimizar la gestión de mantenimiento hacia niveles de clase mundial; esto es, mínimo 85%. Los niveles altos del OEE indican también niveles altos del sistema de mantenimiento del equipo y en gran medida de la competitividad del servicio y de la terminal de contenedores; por tanto, es fundamental un proceso de optimización y/o reingeniería de la gestión de mantenimiento actual, para alcanzar el objetivo antes citado.

El análisis de la tecnología o estrategia para optimizar la gestión de mantenimiento actual, comprenderá la siguiente metodología:

- Identificación de los eventos que generan pérdidas de tiempo o tiempos improductivos por paradas.
- Pertenencia o criticidad de eventos, que se relacionan directa o indirectamente con el mantenimiento.

- Formulación de la estrategia o tecnología de optimización de la gestión del mantenimiento.

#### **4.7.1 Identificación de eventos de parada.**

Las paralizaciones identificadas y codificadas por la terminal de contenedores ( cuadro 4.3, en página 96); muestran como origen de estas, al área de operaciones (TPOP), área de planeamiento (TPE) y esperas (TPD); algunas de ellas, también relacionadas con el mantenimiento. En cuanto a las paralizaciones originadas por fallas, averías, mantenimiento correctivo o de emergencia, han sido clasificadas como "mantenimiento" (TPNP).

Las paralizaciones identificadas y área de origen, se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.9

## IDENTIFICACIÓN DE EVENTOS Y ÁREA DE ORIGEN

IT	OEE	TPOP	TPE	TPNP	TPD
	EVENTO	Oper.	Plan nig	Mánt.	otros
1	Descarga / embraque	x			x
2	Accidentes,			x	x
3	Trinca / destrinca	x			
4	Traslado de grúas móviles	x			
5	Conec/desconet. reefer	x			
7	Carga sobredimen/suelta	x			
8	Ingreso estibadores/tornos	x			
9	Subida/bajada de boom	x			x
10	Movimiento de tapa	x	x		
11	Cambio de spreader	x	x	x	
12	Espera por planos		x		x
13	Espera por camiones		x		x
14	Error de planificación		x		x
15	<b>Fallas generales:</b>				
16	Energía de la grúa.			x	
17	Bus de energía auxiliar.			x	
18	PLC			x	
19	Energía de accionamiento.			x	
20	Freno de emergencia.			x	
21	Freno del motor.			x	
22	Motor de elevadores.			x	
23	Velocidad reducida			x	x
24	<b>Fallas específicas</b>				
25	Acoplamiento de motor			x	
26	Reductor			x	
27	Acoplamiento del tambor			x	
28	Freno del tambor			x	
29	Cables de acero			x	
30	Poleas.			x	
31	Interruptores de límite			x	
32	Celda de carga.			x	
33	Snag (enganche)			x	
34	Ruedas y ejes, trolley, pórtico			x	
35	Tensor de cable.			x	
36	Spreader			x	
37	Error en la nombrada.	x			x
	<b>Eventos por áreas</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>22</b>	<b>8</b>
	<b>Incidencia general</b>	<b>22 %</b>	<b>11 %</b>	<b>49%</b>	<b>18%</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.7.2 Análisis de pertenencia o criticidad de eventos.

El cuadro de código de paralizaciones elaborado por la terminal de contenedores (véase el cuadro 4.6, en la página 96), muestra la clasificación de paradas por pertenencia, así como la composición de tiempos de parada, respecto del total de horas de paralización durante los servicios de embarque y descarga de contenedores, el resumen es el siguiente:

Cuadro 4.10

#### PERTENENCIA DE TIEMPOS DE PARADA

	Pertenencia	Composición	Tiempo de parada (OEE)
1	Mantenimiento	38.77%	TPNP
2	Planeamiento	26.32%	TPE
3	Operaciones	23.04%	TPOP
4	Otros	11.87%	TPD
	Tiempo total de parada	100. %	TTP

Fuente: elaboración propia

El cuadro muestra que la mayor cantidad de paradas se concentra en el área de mantenimiento; que corresponden a fallas funcionales y averías que presentan los equipos durante la operación, originando en promedio: 1,153.86 (38.77%) horas de parada improductivas al año (véase el cuadro 4.7, en la página 102).

De otro lado, el escenario 1 (véase el cuadro 4.9, en la página 106), también muestra la identificación y distribución de eventos con tiempos de parada, clasificadas según el OEE. Sin embargo, se aprecian eventos con doble pertenencia, lo cual indica que estos tienen también origen en mantenimiento

(TPNP) y en otros (TPD), este último relacionado con la calidad del servicio del equipo.

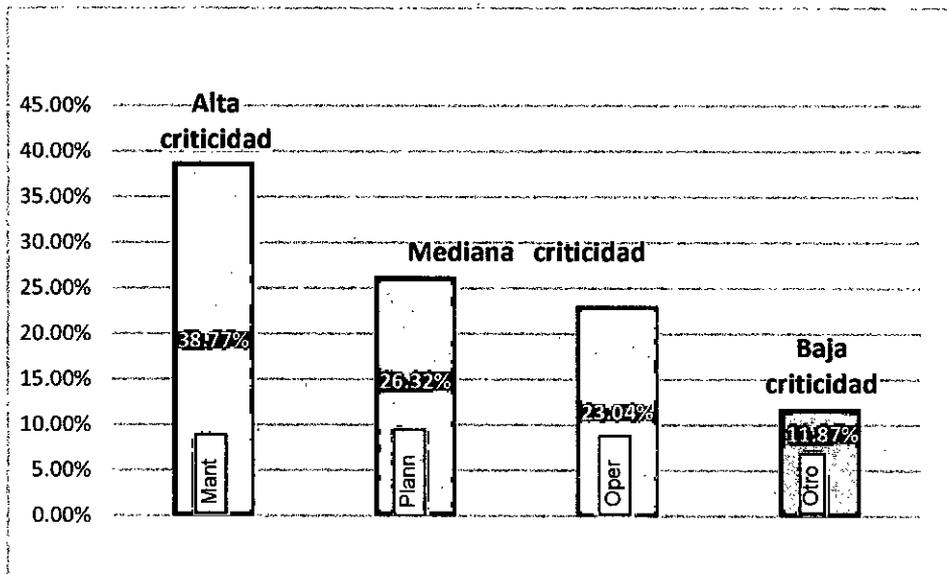
El análisis de los diferentes eventos de parada de producción, así como las pertenencias de estos, establece paralizaciones con pertenencia relacionada también con el mantenimiento, tales como:

- Descarga y embarque: Operación deficiente (operador), lentitud de maniobra (velocidad reducida).
- Accidentes: operación deficiente o negligente (operador), falta o sin mantenimiento, operación insegura (operador), fatiga o falla del material.
- Subida y bajada del boom: Operación deficiente (operador), lentitud de maniobra (velocidad reducida).
- Cambio de spreader: Falla de spreader, mecanismo no confiable, lentitud de maniobra (velocidad reducida).
- Velocidad reducida: Operación deficiente o lentitud de maniobra (operador).

La doble pertenencia de estos eventos de parada, incrementan aún más la influencia negativa de las paralizaciones respecto del nivel del OEE del equipo de producción, estableciendo que los eventos relacionados con "*mantenimiento*", representan el factor o parámetro con más alto grado de criticidad para la gestión de mantenimiento, seguido de "*operaciones*" y "*planning*" con mediana criticidad y "*otros*" (calidad) con baja criticidad. (Véase gráfico 4.2, en la página 109).

Gráfico 4.2

### CRITICIDAD DE EVENTOS DE PARALIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia

#### 4.7.3 Formulación de la estrategia de optimización - TPM.

La implementación o adopción del Mantenimiento Productivo Total (TPM), como herramienta eficaz de gestión, es la estrategia más apropiada para la optimización del mantenimiento del equipo portacontenedor de la terminal de contenedores, entendiéndose como *optimización*, desarrollar la estrategia o método idóneo, para alcanzar el máximo objetivo con los recursos disponibles.

Las causas más relevantes de las paralizaciones, analizadas y codificados en los reportes de operaciones del servicio a la carga contenedorizada de la terminal, se relacionan principalmente con mantenimiento y se resumen en las siguientes:

- Fallas y averías

- Preparación de los equipos.
- Eficiencia o performance reducida del equipo.
- Personal calificado de operadores.
- Prevención del mantenimiento.
- TPM en las áreas administrativas.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y medio ambiente.

También, el Mantenimiento Productivo Total – TPM, como técnica de gestión, resume sus objetivos en los siguientes:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control del uso preciso de herramientas y equipos
- Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos.
- Formación y entrenamiento del personal.

Lo cual implica, implementar procedimientos o mecanismos en la organización, para prevenir las diversas pérdidas o tiempos improductivos, para alcanzar metas tales como:

- Cero averías
- Cero paradas

- Cero defectos
- Cero accidentes
- Cero stocks

Los procedimientos o mecanismos a desarrollar en el proceso de implementación del Mantenimiento productivo Total TPM, son los pilares sobre los que se sustenta esta metodología.

- Mantenimiento autónomo.
- Mejora continua.
- Mantenimiento planificado.
- Mantenimiento de la calidad.
- Prevención del mantenimiento.
- TPM en las áreas administrativas.
- Educación y entrenamiento.
- Seguridad y gestión de salud y medio ambiente.

#### **4.7.4 Proceso de implantación y desarrollo del Mantenimiento Productivo Total - TPM .**

En primer lugar, el proceso debe ser idóneo y apropiado a la actividad de servicio a la carga contenedorizada de la terminal de contenedores, en función al tipo, estado y características del equipo destinado a las operaciones de transferencia y traslado de contenedores; tales como: grúa pórtico de muelle STS, grúa pórtico de patio (RTG y tractor de terminal TT).

Previo a la implementación del TPM, se deberá cumplir con las siguientes etapas de implementación secuencial:

- Paso 1: Anuncio de la alta dirección, la decisión de implantar el TPM.
- Paso 2: Ejecutar programas de educación y campañas de introducción del TPM.
- Paso 3: Crear comités especiales para promover el TPM.
- Paso 4: Establecer políticas y metas del TPM, a introducir en la terminal de contenedores.
- Paso 5: Formular el Plan Maestro para desarrollar el TPM.

El desarrollo e implantación del Plan Maestro del TPM, considera doce (12) etapas comprendidas en tres (03) estados de ejecución secuencial, cuyos alcances y características se muestran en los siguientes cuadros:

Cuadro 4.11

## ETAPAS DE IMPLEMENTACIÓN DEL TPM.

PREPARACIÓN		
ETAPA	ACTIVIDAD	CONTENIDO
1	Decisión de la dirección de aplicar el TPM como proyecto de empresa.	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Revista de empresa.
2	Campaña de información – formación técnica	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Revista de empresa.
3	Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM	- Comisiones, - Animadores. - Grupos de trabajo.
4	Diagnóstico de la situación de partida. Indicadores del progreso técnico. Organización.	- Banco de datos de valores técnicos-económicos. - Encuestas de la organización.
5	Redacción de un plan tipo. Líneas de acción / objetivos	- Reducción global y detallada. - Planificación

<b>DESARROLLO</b>		
<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CONTENIDO</b>
6	Lanzamiento	- Partida/presentación plan tipo. - Desarrollo de las 5'S
7	Implantación de la mejora continua de los sistemas – procesos.	- Análisis de fallas. - Máquinas cuello de botella. - Grupos de fiabilización.
8	Desarrollo del auto mantenimiento.	- Gestión específica. - Formación. - Gamas/niveles.
9	Desarrollo del mantenimiento programado.	- Mejora de la gestión y Organización del mantenimiento programado. - Gamas/niveles. - Formación. - Grupos de fiabilización.

<b>OPTIMIZACIÓN</b>		
<b>ETAPA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CONTENIDOS</b>
10	Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global.	- Entrevistas/evaluación de competencias. - Contrato de formación/cursos. - Gestión de la polivalencia. - Grupos de fiabilización.
11	Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.	- Medidas de la F/M/D - Participar en fases de un proyecto de equipo nuevo. - Documentación técnica. - Fiabilización. - Máquinas típicas. - Grupos de fiabilización.
12	Certificar la aplicación TPM.	- Auditar-definir nuevos objetivos. - Mejorar la formación.

Fuente: Elaboración propia, recuperada de (Rey Sacristán, 2001)

## 4.8 Escenarios de mejora del OEE. N

### 4.8.1 Mejora del OEE – Escenario 2

El escenario 2, corresponde a la medición del OEE, al reducir todos tiempos de parada o paralizaciones, en 25 %, por adopción e implementación del Mantenimiento Productivo Total TPM, como política de empresa y desarrollo de técnicas modernas de optimización del mantenimiento del equipamiento portuario portacontenedor.

Para la distribución de tiempos y nomenclatura, se utilizó la misma metodología de cálculo del OEE del escenario 1 (véase cuadro 4.7, en la página 102)

Cuadro 4.12

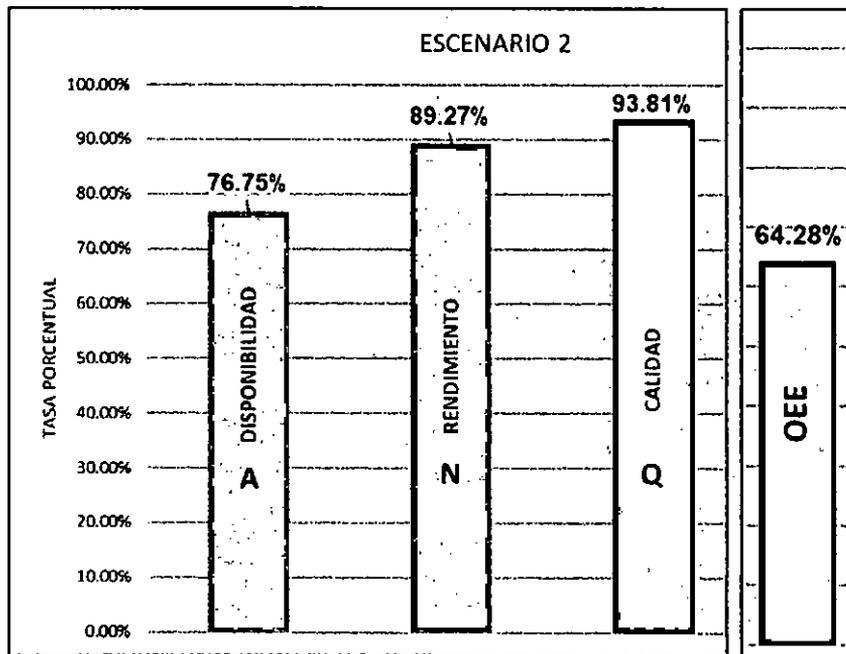
REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 25 %.

ESGENARIO 2		
TD	8760	hrs
TTP	2167.667	hrs
TPNP	840.3605	hrs
TPE	570.5139	hrs
TPOP	499.5261	hrs
TPD	257.2666	hrs
TPP	2692.335	hrs
TF	6067.665	hrs
TPO	5497.151	hrs
TON	4656.791	hrs
TOU	4157.265	hrs
TPN	3899.998	hrs
OEE	64.28%	%
NEE	70.95%	%
TEEP	44.52%	%
A	76.75%	%
N	89.27%	%
Q	93.81%	%

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4.3

REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 25%.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.2 Mejora del OEE – Escenario 3.

El escenario 3, corresponde a la medición del OEE cuando se adopten, implementen y desarrollen adecuadamente las mismas acciones del escenario 2 y se logre reducir en 50% los tiempos de parada no planificada por mantenimiento correctivo originado por fallas, cambio o paralización de las operaciones portuarias de operaciones, planeamiento y, errores de planeamiento y otros como las demoras.

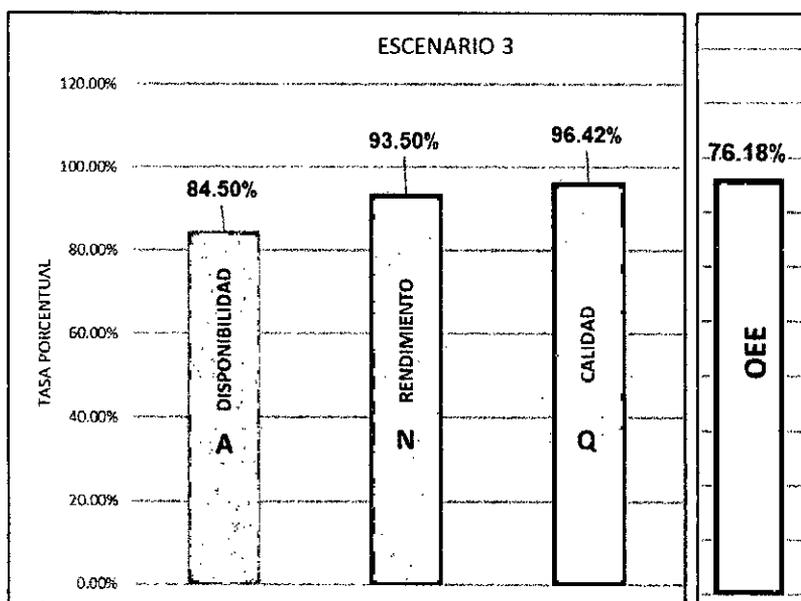
Para la distribución de tiempos y nomenclatura, se utilizó la misma metodología de cálculo del OEE del escenario 1. (véase cuadro 4.7, en la página 102).

Cuadro 4.13  
REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 50%.

<b>ESCENARIO 3</b>		
TD	8760	hrs
TTP	1445.111	hrs
TPNP	560.2403	hrs
TPE	380.3426	hrs
TPOP	333.0174	hrs
TPD	171.511	hrs
TPP	2692.335	hrs
TF	6067.665	hrs
TPO	5687.322	hrs
TON	5127.082	hrs
TOU	4794.065	hrs
TPN	4622.554	hrs
OEE	76.18%	%
NEE	81.28%	%
TEEP	52.77%	%
A	84.50%	%
N	93.50%	%
Q	96.42%	%

*Fuente: Elaboración propia*

Gráfico 4.4  
REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 50%.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.3 Mejora del OEE – Escenario 4

El escenario 4, corresponde a la medición del OEE, cuando la implementación de nuevas políticas y técnicas modernas de gestión, como ya se dijo, el Mantenimiento Productivo Total TPM y como indicador de monitoreo y seguimiento a su aplicación y desarrollo en el equipo portuario, se logre reducir todos tiempos de parada no planificada, en 75%, con lo que se lograría ingresar al nivel de clase mundial.

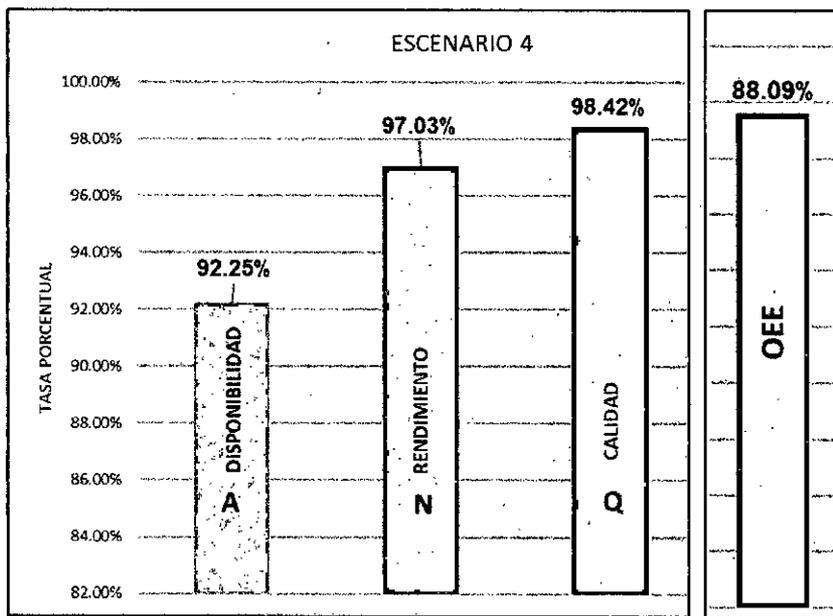
Para la distribución de tiempos y nomenclatura, se utilizó la misma metodología de cálculo del OEE del escenario 1. (véase cuadro 4.7, en la página 102)

**Cuadro 4.14**  
**REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 75%.**

<b>ESCENARIO 4</b>		
TD	8760	hrs
TTP	722.5861	hrs
TPNP	280.1319	hrs
TPE	190.1793	hrs
TPOP	166.5157	hrs
TPD	85.75913	hrs
TPP	2692.335	hrs
TF	6067.665	hrs
TPO	5877.486	hrs
TON	5597.354	hrs
TOU	5430.838	hrs
TPN	5345.079	hrs
OEE	88.09%	%
NEE	90.94%	%
TEEP	61.02%	%
A	92.25%	%
N	97.03%	%
Q	98.42%	%

*Fuente: Elaboración propia*

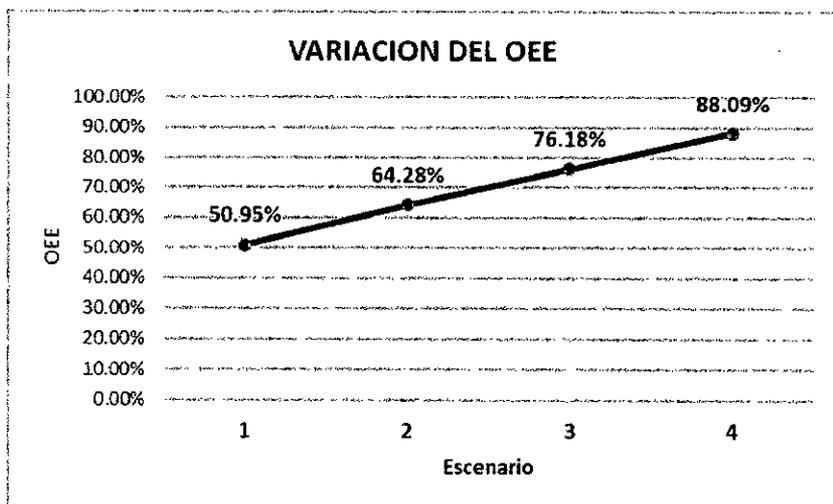
Gráfico 4.5  
REDUCCIÓN DE PARALIZACIONES EN 75%.



Fuente: Elaboración propia

#### 4.8.4 Variación del OEE por escenarios

Gráfico 4.6  
EVOLUCIÓN DE MEJORA GRADUAL DEL OEE



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica de la variación del OEE en los escenarios 1, 2, 3 y 4; muestra la evolución de mejora gradual conforme se reduce también, gradualmente los tiempos. (Véase gráfico 4.6, en la página 120)

Cuadro 4.15

CLASIFICACIÓN DEL OEE SEGÚN ESCENARIOS

Escenario	Condición	OEE	Nivel
1	actual	50.95%	Regular.
2	Pérdidas (-) 25%	64.28%	Aceptable.
3	Pérdidas (-) 50%	76.18%	Bueno
4	Pérdidas (-) 75%	88.09%	Clase mundial.

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS.**

#### **5.1 Encuesta y validación de datos.**

##### **5.1.1 Encuesta.**

- El cuestionario de preguntas, consta de dos partes: el primero, denominado “cuestionario de mantenimiento” referido a la variable independiente (gestión de mantenimiento); mientras que el segundo, está referido a la variable dependiente (Eficiencia Global del Equipo – OEE).
- Las preguntas han sido distribuidas, diez (10) para cada variable haciendo un total de veinte (20) preguntas, referidas principalmente al plan de mantenimiento actual, fallas, efectividad y productividad del equipo así como el tiempo promedio entre fallas. (Véase cuadro 5.1, en la página 123).
- También en la segunda parte, las preguntas están relacionadas con el OEE y el TPM, así como con la disponibilidad, rendimiento y calidad del equipo portacontenedor asignado en exclusiva al manipuleo de contenedores. (Véase cuadro 5.2, en la página 123)
- El proceso de la encuesta en el modo virtual, comprendió la participación de 10 personas de las áreas de operaciones y de mantenimiento.

Cuadro 5.1  
**CUESTIONARIO DE MANTENIMIENTO**

Cuestionario de Mantenimiento						
N°	V.I: GESTION DE MANTENIMIENTO	Nunca	Pocas Veces	A Veces	Frecuentemente	Siempre
		1	2	3	4	5
1	¿El Plan y la programación de mantenimiento se cumple?					
2	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?					
3	¿El número de averías repetitivas es bajo?					
4	¿Se realiza el análisis de los fallos que afectan la producción?					
Dimensión: Efectividad neta del equipo (NEE)						
5	¿Considera Ud., que el nivel del NEE es el adecuado?					
6	¿La falta de mantenimiento del equipo influye en su efectividad?					
Dimensión: Productividad efectiva total del equipo (TEEP)						
7	¿Considera Ud., que el nivel del TEEP es el adecuado?					
8	¿El tiempo de pérdidas y defectos afecta la productividad?					
Dimensión: Índice de tiempo promedio entre fallas (MTBF)						
9	¿Considera Ud., que el tiempo promedio entre fallas es alto?					
10	¿Algunos tipos de falla son repetitivas?					

**Cuadro 5.2**  
**CUESTIONARIO DE EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO**

N°	V.D: EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)	Nunca	Pocas Veces	A Veces	Frecuentemente	Siempre
		1	2	3	4	5
11	¿Realizan mediciones del OEE?					
12	¿Se practica la filosofía del mantenimiento productivo total (TPM)?					
13	¿Considera Ud., que la capacitación de operadores son útiles?					
14	¿Se realizan capacitaciones acerca del OEE?					
Dimensión: Disponibilidad del equipo (A)						
15	¿Considera Ud., que la disponibilidad del equipo cumple con el estándar de la empresa?					
16	¿Considera Ud., que las fallas del equipo afecta la disponibilidad?					
Dimensión: Rendimiento o productividad del equipo (n)						
17	¿Considera Ud., que productividad del equipo cumple con el estándar de la empresa?					
18	¿Considera Ud., que la baja velocidad del equipo afecta la productividad?					
Dimensión: Calidad del servicio (Q)						
19	¿Considera Ud., que la calidad del servicio depende del mantenimiento del equipo?					
20	¿Las demoras en el servicio dependen de la operación del equipo?					

### 5.1.2 Validación – Coeficiente de CRONBACH

El método "Coeficiente de CRONBACH" se utilizó para verificar la confiabilidad de la formulación del cuestionario.

**Cuadro 5.3**  
**COEFICIENTE DE CRONBACH.**

**CÓEFICIENTE CRONBACH**

Entrevistado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TOTAL
A	3	2	4	2	3	5	3	5	3	2	1	1	4	1	4	4	3	4	2	4	60
B	4	3	4	3	1	4	1	5	3	4	4	1	4	2	5	5	5	5	5	5	73
C	3	4	3	2	5	2	2	5	4	4	1	2	5	2	4	5	4	5	5	5	72
D	3	5	2	2	5	3	3	4	3	4	2	2	4	2	3	4	4	5	3	4	67
E	3	3	4	5	1	4	1	5	3	3	1	2	4	2	4	5	4	5	4	3	66
F	2	4	3	2	5	1	3	2	2	4	1	1	5	2	4	4	4	4	3	3	59
G	3	3	2	3	3	4	3	5	3	4	1	1	4	1	4	4	3	4	4	3	62
H	2	5	2	3	2	5	2	5	3	3	1	2	5	2	4	5	4	5	5	4	69
I	3	5	4	2	3	2	1	4	2	2	1	2	3	1	3	5	3	4	3	4	57
J	4	2	3	5	2	1	3	2	3	1	2	2	3	1	3	4	2	3	3	3	52
Media	3	3.6	3.1	2.9	3	3.1	2.2	4.2	2.9	3.1	1.5	1.6	4.1	1.6	3.8	4.5	3.6	4.4	3.7	3.8	63.7
Varianza	0.4	1.24	0.69	1.29	2.2	2.09	0.76	1.36	0.29	1.09	0.85	0.24	0.49	0.24	0.36	0.25	0.64	0.44	1.01	0.56	42.01
SUM Varianza	16.49																				
Vk	42.01																				

Coefficiente Cronbach ( $\alpha$ )	0.6750
------------------------------------	--------

$$\alpha = \left[ \frac{N}{N-1} \left( 1 - \left( \frac{\sum V_k}{Vk} \right) \right) \right]$$

Fuente: Elaboración propia

**Cuadro 5.4**  
**RESULTADO SEGÚN LA ESCALA**

ESCALA $\alpha$	CONFIABILIDAD
0.53 a menos	No confiable
0.54 a 0.59	Baja confiabilidad.
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy confiable
0.72 a 0.99	Excelente confiabilidad
1	Perfecta confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

### **5.1.3 Interpretación de datos.**

Corresponde al análisis desarrollado en cuadro de coeficiente de CRONBACH (véase el cuadro 5.3, en la página 124) donde se determina la frecuencia de cada una de las preguntas de los cuestionarios de mantenimiento y de la eficiencia global del equipo (OEE), estableciendo su incidencia porcentual de cada una de las respuestas correspondientes a cada evento.

Para el mantenimiento se han tomado los siguientes:

- ¿El Plan y la programación de mantenimiento se cumple?
- ¿El número de averías repetitivas es bajo?
- ¿La falta de mantenimiento del equipo influye su efectividad?
- ¿El tiempo de pérdidas y defectos afecta la productividad?
- ¿Algunos tipos de fallas son repetitivas?

Para el OEE se han considerado los siguientes:

- ¿Realizan mediciones de la Eficiencia global del equipo (OEE)?
- ¿Se practica la filosofía del Mantenimiento productivo total (TPM)?
- ¿Considera Ud., que las fallas del equipo afectan la disponibilidad?
- ¿Considera Ud., que la baja velocidad del equipo afecta la productividad?
- ¿Considera Ud., que la calidad del servicio depende del mantenimiento del equipo?

Cuadro 5.5

**ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DE MANTENIMIENTO**

Nº	PREGUNTA	RESPUESTA	FRECUENCIA	%
1	¿El Plan y la programación de mantenimiento se cumple?	Pocas veces	2	20
		A veces	6	60
		Frecuentemente	2	20
2	¿El Plan de mantenimiento respeta las instrucciones de los fabricantes?	Pocas veces	2	20
		A veces	3	30
		Frecuentemente	2	20
		siempre	3	30
3	¿El número de averías repetitivas es bajo?	Pocas veces	3	30
		A veces	3	30
		Frecuentemente	4	40
4	¿Se realiza el análisis de los fallos que afectan la producción?	Pocas veces	5	50
		A veces	3	30
		Frecuentemente	1	10
		siempre	1	10
5	¿Considera Ud., que el nivel de efectividad neta del equipo (NEE) es el adecuado?	Nunca	2	20
		Pocas veces	2	20
		A veces	3	30
		siempre	3	30
6	¿La falta de mantenimiento del equipo influye su efectividad?	Nunca	2	20
		Pocas veces	2	20
		A veces	1	10
		Frecuentemente	4	40
		siempre	1	10
7	¿Considera usted que el nivel de productividad efectiva del equipo (TEEP) es el adecuado?	Nunca	3	30
		Pocas veces	2	20
		A veces	5	50
8	¿El tiempo de pérdidas y defectos afecta la productividad?	Pocas veces	2	20
		Frecuentemente	3	30
		siempre	5	50
9	¿Considera Ud., que el tiempo promedio entre fallas es alto?	Pocas veces	2	20
		A veces	7	70
		Frecuentemente	1	10
10	¿Algunos tipos de fallas son repetitivas?	Nunca	1	10
		Pocas veces	2	20
		A veces	2	20
		Frecuentemente	5	50

FUENTE: Elaboración propia

Cuadro 5.6

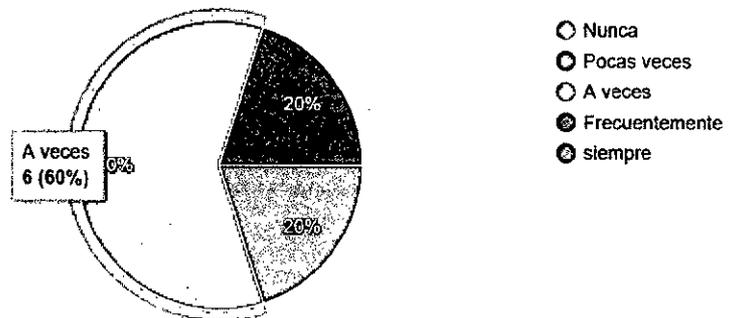
## ANÁLISIS DEL CUESTIONARIO DEL OEE

Nº	PREGUNTAS	RESPUESTA	FRECUENCIA	%
1	¿Realizan mediciones de la Eficiencia global del equipo (OEE)?	Nunca	7	70
		Pocas veces	2	20
		Frecuentemente	1	10
2	¿Se practica la filosofía del Mantenimiento productivo total (TPM)?	Nunca	4	40
		Pocas veces	6	60
3	¿Considera Ud., que las capacitaciones de operadores sobre mantenimiento, son útiles?	A veces	2	20
		Frecuentemente	5	50
		siempre	3	30
4	¿Se realizan capacitaciones a cerca de la Eficiencia global del equipo (OEE)?	Nunca	4	40
		Pocas veces	6	60
5	¿Considera Ud., que la disponibilidad del equipo cumple con el estándar de la empresa?	A veces	3	30
		Frecuentemente	6	60
		siempre	1	10
6	¿Considera Ud., que las fallas del equipo afectan la disponibilidad?	Frecuentemente	5	50
		siempre	5	50
7	¿Considera Ud., que la productividad del equipo cumple con el estándar de la empresa?	Pocas veces	1	10
		A veces	3	30
		Frecuentemente	5	50
		siempre	1	10
8	¿Considera Ud., que la baja velocidad del equipo afecta la productividad?	A veces	1	10
		Frecuentemente	4	40
		siempre	5	50
9	¿Considera Ud., que la calidad del servicio depende del mantenimiento del equipo?	Pocas veces	1	10
		A veces	4	40
		Frecuentemente	2	20
		siempre	3	30
10	¿Las demoras en el servicio dependen de la operación del equipo?	A veces	4	40
		Frecuentemente	4	40
		siempre	2	20

FUENTE: Elaboración propia

### ¿El Plan y la programación de mantenimiento se cumple?

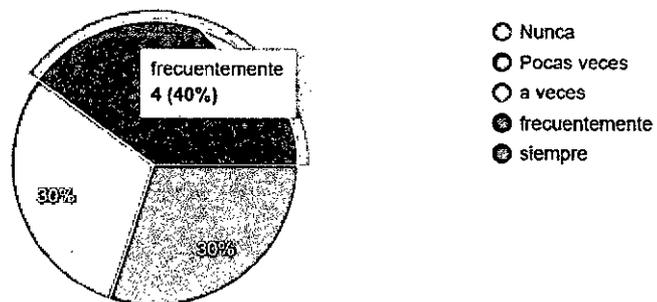
10 respuestas



El alto porcentaje (60%) muestra que el plan y programación del mantenimiento, no siempre se cumple, originado principalmente por la prioridad de las operaciones portuarias.

### ¿El número de averías repetitivas es bajo?

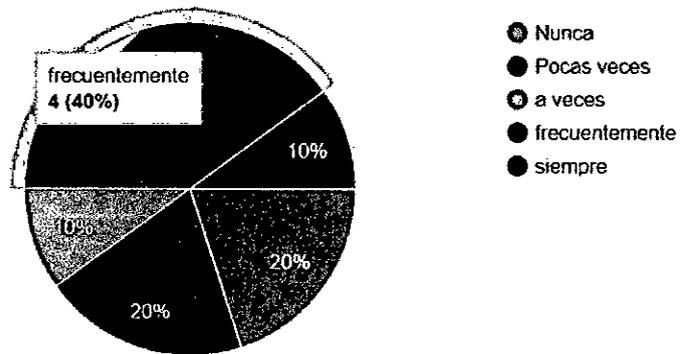
10 respuestas



El porcentaje moderado (40%), indica que existen fallas o averías diversas y relativamente pocas se repiten.

## ¿La falta de mantenimiento del equipo influye en su efectividad ?

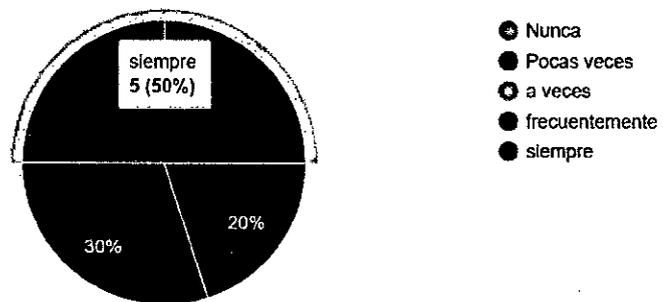
10 respuestas



Aun cuando el porcentaje es moderado (40%), indica que la falta de mantenimiento, si influye la efectividad del equipo.

## ¿El tiempo de perdidas y defectos afecta la productividad?

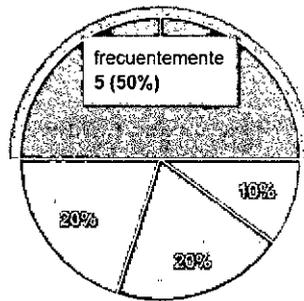
10 respuestas



El porcentaje (50%), muestra que los tiempos de parada no programada y defectos funcionales del equipo, afectan de manera importante la productividad.

### ¿Algunos tipos de fallas son repetitivas?

10 respuestas

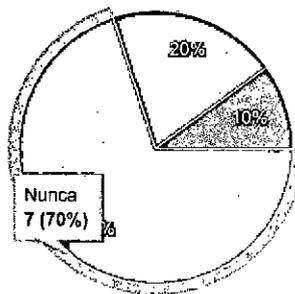


- Nunca
- Pocas veces
- a veces
- frecuentemente
- siempre

El porcentaje (50%), indica que existen algunos tipos de falla que se repiten con frecuencia; es decir, tienen características predecibles.

### ¿Realizan mediciones de la Eficiencia global del equipo (OEE)?

10 respuestas

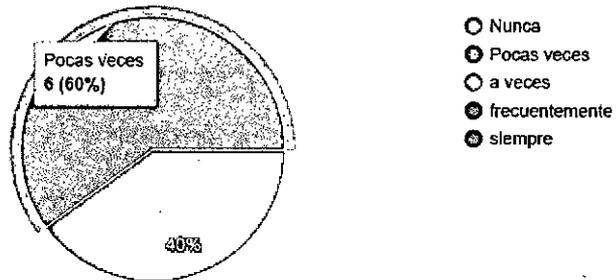


- Nunca
- Pocas veces
- A veces
- Frecuentemente
- siempre

El porcentaje alto (70%), muestra que la medición del OEE prácticamente no es parte de la gestión de mantenimiento.

¿Se practica la filosofía del Mantenimiento productivo total (TPM)?

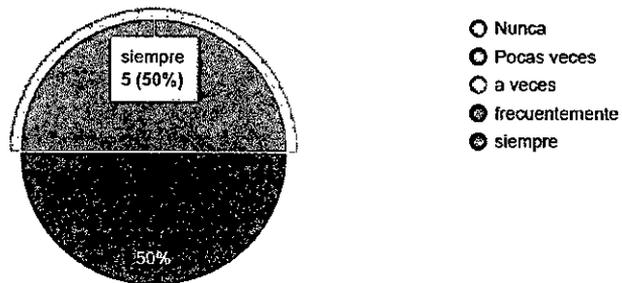
10 respuestas



El porcentaje alto (60%), indica que el TPM tampoco es parte de la gestión de mantenimiento actual.

¿Considera Ud., que las fallas del equipo afecta la disponibilidad?

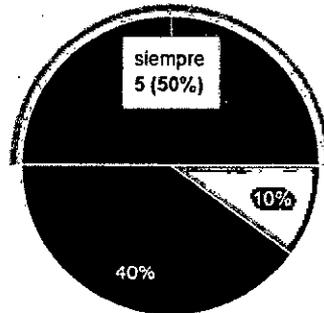
10 respuestas



El porcentaje dividido por igual (50%), indica que existe consenso que las fallas del equipo, afectan la disponibilidad de estos.

¿Considera Ud., que la baja velocidad del equipo afecta la productividad?

10 respuestas

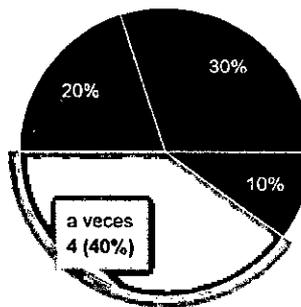


- Nunca
- Pocas veces
- a veces
- frecuentemente
- siempre

El porcentaje mayor (50%), indica que la velocidad reducida del equipo afecta la productividad, pero no relevante para mantenimiento.

¿Considera Ud., que la calidad del servicio es depende del mantenimiento del equipo?

10 respuestas



- Nunca
- Pocas veces
- a veces
- frecuentemente
- siempre

El porcentaje mayor (40%), consideran que la calidad del servicio, algunas veces depende del mantenimiento del equipo y otras no.

Resumen:

- a. La recolección de datos mediante cuestionario de encuesta, verificado mediante el método "Coeficiente de Cronbach", es MUY CONFIABLE.
  
- b. El análisis de resultados del cuestionario de mantenimiento, indica situaciones relevantes que generan gran acumulación de horas de parada no programadas, generados principalmente por las siguientes causas:
  - Planes y programación del mantenimiento, algunas veces no se cumple, originado principalmente por el área de operaciones, que prioriza el servicio a la carga anteponiéndose al mantenimiento.
  - Frecuentemente se presentan fallas o averías repetitivas, que deben ser analizadas para anular sus efectos.
  - La falta de mantenimiento oportuno, afecta la efectividad del equipo; lo cual, se traduce en reducción de velocidad, generando baja productividad.
  - También las paradas no planificadas por fallas o defectos funcionales del equipo, genera baja productividad, que también se traduce en pérdidas de tiempo productivo.

c. Del mismo modo, el análisis del cuestionario del OEE (Eficiencia Global del Equipo), muestra también situaciones relevantes que afectan la eficiencia y productividad del servicio a la carga contenedorizada:

- No se realizan mediciones del indicador OEE, por tanto no se puede medir el nivel de eficiencia y efectividad del mantenimiento del equipo.
- Actualmente el TPM, no es parte de la gestión de mantenimiento del equipo, solo se realiza el mantenimiento tradicional: MP, MC, MPd.
- Las fallas que se producen, afectan de manera importante la disponibilidad del equipo.
- La reducción de velocidad, originado tanto por baja eficiencia del mantenimiento o por factores del personal de operadores, afectan de manera importante la productividad del servicio.
- La calidad del servicio (parámetro del OEE), también es afectado unas veces por el mantenimiento no oportuno y otras por el área de operaciones que prioriza el servicio a la carga, postergando el mantenimiento,

d. Las situaciones antes descritas, representan horas perdidas o paradas no planificadas (33.97%), respecto del total de horas al año para la producción; esto es, 2,976.65 horas (véase cuadro 5.6, en la página 135).

Cuadro 5.7

### DISTRIBUCIÓN DE HORAS PERDIDAS

<b>CAUSAS</b>	<b>TIEMPOS-OEE</b>	<b>HORAS</b>	<b>%</b>
Mantenimiento	Mantenimiento correctivo - TPNP	1,154.05	38.77
Operaciones	Tiempo perdido por operaciones – TPOP	685.82	23.04
Planeamiento	Tiempo perdido por preparación de equipo y proceso – TPE	783.45	26.32
Otros	Tiempo perdido por calidad - TPD	353.33	11.87
<b>TOTAL</b>		<b>2,976.35</b>	<b>100</b>

*Fuente: elaboración propia.*

El cuadro muestra que las paradas por mantenimiento correctivo; esto es, el tiempo de parada no planificada TPNP, representa la mayor cantidad importante de horas improductivas.

- e. El tiempo de parada no planificada (TPNP) total 2,976.65 horas, con influencia importante en la productividad del servicio a la carga, se refleja en el indicador Eficiencia Global del Equipo OEE, que actualmente es: 50.95%.
- f. El OEE 50.95 %, es relativamente bajo respecto del nivel mínimo de clase mundial: 85%.

## 5.2 Proyección de productividad e ingresos

### 5.2.1 Productividad

La Autoridad Portuaria Nacional (APN), en su reporte número RG 004 año 2017, relacionado con contenedores movilizados en los terminales portuarios, indica que la terminal marítima ha movilizado 232,621TEUs en el año 2017 (Autoridad Portuaria Nacional, 2017).

Del mismo modo, el rendimiento promedio de las grúas pórtico STS en el mismo año, registró 28.9 contenedores/hora, resultando una operación neta de 1609.83 horas, que de acuerdo a la estadística de paradas (Véase cuadro 4.6, en la página 99), resultó 547 horas de paradas improductivas (33.98%) respecto del total de horas de operación neta, al año.

La distribución de horas recuperadas para la producción, según los escenarios expuestos, se muestran en el cuadro 5.8.

Cuadro 5.8

#### INCREMENTO DE HORAS PRODUCTIVAS

<b>Escenarios</b>	<b>Horas productivas</b>	<b>Movimiento de contenedores</b>
2 (-25% TPNP)	136	3,930
3 (-50% TPNP)	274	7,919
4 (-75% TPNP)	410	11,849

*Fuente: elaboración propia*

## 5.2.2 Ingresos económicos.

A partir del 08 de febrero del 2018, la terminal portuaria actualizó su tarifa por movimiento de carga contenedorizada a US \$ 101.50/contenedor de 20' y US \$ 151.50/contenedor de 40'. (APM TERMINALS CALLAO, 2018). (Véase anexos)

Por tanto, conforme al incremento de movilización de contenedores por escenarios, también se generan ingresos económicos para la terminal marítima de contenedores, de acuerdo a la tarifa actualizada (Véase cuadro 5.9)

Cuadro 5.9

### INCREMENTO DE INGRESOS ECONÓMICOS

<b>Escenarios</b>	<b>Contenedores</b>	<b>Ingreso/ grúa US\$</b>	<b>Total US\$</b>
2	3,990	404,985	2'049,925
3	7,919	803,778.5	4'018,893
4	11,849	1'202,673.5	6'013,368

*Fuente: elaboración propia*

## **CAPITULO VI**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS.**

#### **6.1 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS CON LOS RESULTADOS.**

Si se optimiza la gestión de mantenimiento entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial del OEE.

- a. El OEE es el indicador más importante de la gestión de mantenimiento del equipamiento portuario, especialmente del equipo para carga contenedorizada, que solo alcanza a 50.95%, originado principalmente por el elevado número de horas mantenimiento correctivo acumuladas durante el año o tiempo de parada no planificado (TPNP).
- b. De otro lado, el análisis del OEE, permite también diagnosticar o identificar las causas que originan el elevado horas de mantenimiento correctivo, que pueden ser:
  - Fallas funcionales del equipo, originado por deficiencia funcional de sistemas o elementos de máquina, material inadecuado o deficiente, fatiga prematura, desgaste prematuro, fallas de montaje, excesivo tiempo funcionamiento sin mantenimiento oportuno, etc.
  - Fallas operacionales, originado por operación deficiente del equipo, impericia del operador, operador no calificado, desconocimiento de los principios de operación de la máquina, rotación frecuente del operador, etc.
  - Averías con parada total de la máquina, accidental o por negligencia, descuido o desconocimiento de los principios de funcionamiento de la máquina.

- c. El bajo OEE (50.95%) y el elevado número de horas improductivas (TPNP) por mantenimiento correctivo, evidencian la urgente necesidad de optimización, mejora o reingeniería de la gestión del mantenimiento del equipo para carga contenedorizada, lo cual demuestra que, para una gestión de mantenimiento óptima y eficaz; esto es, con reducción de horas improductivas al máximo (TPNP), el OEE también será óptimo y se puede alcanzar niveles de clase mundial.

Se dice que, el mantenimiento de clase mundial, conduce a operaciones de clase mundial; esto es, productividad y competitividad de clase mundial.

- d. La mejora del OEE, dependerá directamente de la reducción drástica de las horas perdidas para la producción por causa del mantenimiento correctivo. En este punto, se han planteado tres (03) escenarios factibles de optimización a partir de la situación actual (escenario 1), mediante reducción de las horas totales de paradas improductivas; es decir:

- Si todas causas de parada (ver cuadro 4.12, en la página 115), se redujeran en solo 25%. El OEE resultante alcanza a 64.28%. (Escenario 2)
- Si todas las causas se redujeran en 50% de sus valores actuales (véase cuadro 4.13, en la página 117), el OEE alcanzaría 76.18% (Escenario 3), y
- Si todas las causas se redujeran en 75% de sus valores actuales (véase cuadro 4.14, en la página 119), el OEE

alcanzaría 88.09%, con lo cual se alcanzaría la Clase mundial (Escenario 4).

- La evolución favorable del OEE desde 51% hasta 88.09%, basado en la disminución de tiempos de parada en cada uno de los parámetros que la afectan, especialmente del mantenimiento correctivo, demuestran la validez de la hipótesis, por las siguientes razones:
  - La mejora del OEE, sólo será posible si la gestión de mantenimiento se optimiza, a base de nuevas políticas, nueva visión y nuevos conceptos (reingeniería), a partir del análisis y diagnóstico de las causas que hoy la afectan traducidas en fallas y averías.
  - Si se redujeran solo las horas de parada por mantenimiento correctivo, el OEE llega tan solo a 70% (exactamente 69.96%); por lo que se demuestra una vez más que, para lograr el objetivo, también se requiere la participación de todas las áreas involucradas y la empresa en su conjunto (alta dirección, operaciones, planeamiento, recursos humanos, etc), conforme a la filosofía del Mantenimiento Productivo total TPM.

Es decir, conforme a la discusión de resultados y contrastación con la hipótesis, urge la implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), como la herramienta idónea y eficaz de optimización de la gestión de mantenimiento, que la Terminal de contenedores debe adoptar como política de empresa para sus equipos.

## **6.2 CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES.**

- a. La tesis PUCP, (Robles, 2015), propone la implementación de un sistema de gestión de activos, partiendo del análisis y diagnóstico de la grúa pórtico de muelle STS, que permita optimizar la vida útil del equipo, la productividad y la competitividad de la empresa, mediante estrategias generales y herramientas de gestión.

El presente estudio, mide el estado actual de la gestión de mantenimiento mediante el indicador OEE; para analizar y diagnosticar las causas que están originando un bajo nivel del OEE y consiguientemente de la gestión de mantenimiento actual en la terminal de contenedores. Expone además, escenarios, cuantificando la mejora en términos de reducción de horas de parada improductivas del equipo, hasta alcanzar el nivel de clase mundial.

Sin embargo, ambos estudios coinciden desde la perspectiva de Gestión de activos y de eficiencia global del equipo OEE, la necesidad clara de optimizar la gestión de mantenimiento mediante técnicas y estrategias modernas de gestión y una reingeniería.

- b. Estudio de optimización de la producción en una terminal marítima de contenedores: Umbrales y Equilibrio. (Muñoz, 2008)

El estudio define una Terminal de Contenedores como una interfaz o conexión entre varios modos de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo, aguas interiores). Precisa que sus funciones son la transferencia de contenedores entre los diferentes modos y hacer de almacenamiento temporal en el interín.

Concluye con la necesidad de aplicar modelos matemáticos conjuntos en la operativa de terminales para obtener mejoras en su productividad y costes. Básicamente se trata de equilibrar la función dinámica (transferencia de contenedores) con relación a la función estática (almacenamiento temporal); por lo que considera que, el grado de homogenización y la estancia de los containers conjuntamente con su layout, son los factores determinantes que maximizan su rendimiento conjunto.

Si bien es cierto que el estudio expone conceptos importantes de las operativas de embarque y desembarque de contenedores en una terminal marítima, lo cierto es que también abarca el servicio completo a la carga contenedorizada, desde la recepción en el puerto hasta el despacho del contenedor, ambos como funciones de interfaz o conexión con varios modos de transporte.

En cambio, en la presente tesis se analiza únicamente la operativa intermedia entre la recepción y el despacho; es decir, el embarque y desembarque de contenedores entre el patio de almacén temporal y el buque portacontenedor, para optimizar las operaciones portuarias y la gestión de mantenimiento del equipo que interviene en la referida operativa intermedia.

- c. Planificación de operaciones en una terminal de contenedores. (Abaurrea, 2016).

El estudio expone que, para planificar y tratar de garantizar una explotación eficiente del puerto, su funcionamiento debe asimilarse a un sistema de producción continua, donde cada fase de la operativa (subsistema) se establezca como un eslabón de la cadena que debe ser optimizado.

El concepto de, *sistema de producción continua*, se ha adoptado en la presente tesis para determinar las horas totales de producción referida a la atención de naves; esto es, desde la hora de inicio de las operativas de embarque o desembarque, hasta el término de las mismas. Es en ese lapso de tiempo, que se han considerado y contabilizado las horas perdidas por fallas de equipos, eventos de operaciones, errores de planeamiento y otros.

El estudio también sostiene las fases o subsistemas de la operativa, dentro del concepto de las terminales marítimas de contenedores, como espacios intermodales; esto es, la conexión entre transporte marítimo y terrestre, que comprenden las siguientes actividades principales: *carga, descarga, interconexión, recepción y despacho*. El estudio también sostiene que, dentro de estas actividades, las operativas de carga y descarga son subsistemas intermedias con mayor valor agregado que las demás en la cadena general del servicio a la carga en la terminal.

Precisamente, en la presente tesis, se analiza y diagnostica el nivel o tasa de productividad y eficiencia de estas dos operativas, relacionados directamente con el indicador de gestión de mantenimiento OEE (eficiencia global del equipo) de los equipos portacontenedores utilizados en estas dos operativas.

En cuanto al equipamiento, se menciona y describe las grúas de muelle, las grúas puente, las carretillas puente y los camiones con plataforma, correspondiendo a las denominaciones STS, RTG, RS y TT respectivamente, utilizadas en el presente estudio.

- d. Modelo de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la empresa minera Chama Perú, E.I.R.L. (Apaza, 2015).

El estudio trata sobre un modelo de adaptación del TPM en la empresa minera CHAMA, E.I.R.L., en cuyo marco teórico se describe las seis (06) grandes pérdidas que tiene la compañía, los pilares sobre los que se sustenta en TPM y los objetivos de la Eficiencia Global del equipo (OEE).

El estudio presenta cierta similitud con la presente tesis en cuanto a la implementación del TPM y la utilidad del OEE, con la diferencia que está referido a una empresa minera y al Mantenimiento Productivo Total específicamente; mientras que, la presente tesis parte del análisis de la Eficiencia Global del equipo para optimizar la gestión de mantenimiento de equipo portuario, a través del TPM, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y el mantenimiento de clase mundial (World class), para una terminal marítima de contenedores.

## **CAPÍTULO VII**

### **CONCLUSIONES.**

- a. Las paradas no planificadas en el servicio a la carga contenedorizada, en la Terminal de contenedores, alcanzan una cantidad elevada de horas al año, con un total de 2,976.32; por lo cual, la Eficiencia Global del equipo (OEE) actual, es sólo 50.95%, muy distante de 85% que es el mínimo para ingresar a niveles de Clase mundial (World Class). (Véase cuadro 4.7, en la página 102 y; cuadro 4.8 y gráfico 4.1, en la página 103).
- b. El mayor volumen de horas de parada no planificadas (improductivas), corresponden a paralizaciones por fallas o averías del equipo (mantenimiento) con 38.77%, seguido por el tiempo de preparación del equipo (planeamiento) con 26.32%, eventos generados por el área de operaciones (operaciones) con 23.04% y otros relacionados por demoras, deficiencias de operación etc. (calidad). (Véase cuadro 4.10, en la página 107)
- c. La reducción de los tiempos de parada planificados y no planificados mediante la adopción e implementación del Mantenimiento productivo total (TPM) y tecnología del Mantenimiento centrado en la confiabilidad, permite alcanzar mejoras del OEE desde el estado actual (50.95%) hasta el nivel de clase mundial (88.09%) dependiendo de las reducciones que se logren. (Véase escenarios de mejora del OEE, en la página 115 y; gráfico 4.6 en la página 120)
- d. Alcanzar el nivel de clase mundial (> 85%), implica cuando menos reducir los tiempos de parada no planificada actual (TPNP), en 75% y debe ser objetivo de la organización de mantenimiento y de la terminal de contenedores; tomando en cuenta las estrategias que se

expone en el marco teórico. (Véase teoría de mantenimiento de clase mundial, en la página 76); por tanto, el logro del objetivo general propuesto en la presente tesis, se sustenta en la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como política de empresa

- e. El incremento de la producción mediante la reducción de tiempos de parada no planificada, conforme al incremento del movimiento de contenedores, generará un ingreso económico desde US \$ 2'049,925 hasta US \$ 6'013,368 (véase cuadro 5.9, en la página 137). Lo cual demuestra que, el logro del objetivo general propuesto en la presente tesis, se sustenta en la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como política de empresa.

## **CAPÍTULO VIII**

### **RECOMENDACIONES.**

- a. Adoptar la tecnología y filosofía del Mantenimiento Productivo Total TPM, como política de empresa para el equipo para carga contenedorizada, en la terminal marítima de contenedores del puerto del Callao.
- b. Implementar las estrategias de gestión del Mantenimiento Productivo Total TPM, basado en el diagnóstico, cuantificación y análisis de la Eficiencia Global del Equipo OEE, para alcanzar niveles de clase mundial en el mantenimiento y operaciones en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.
- c. Desarrollar e implementar las estrategias del Mantenimiento Productivo Total TPM, para eliminar las horas de paradas de máquina no planificadas que afectan la DISPONIBILIDAD del y la Eficiencia Global del equipo OEE, para alcanzar niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.
- d. Desarrollar e implementar las estrategias del Mantenimiento Productivo Total TPM, para eliminar las pérdidas de horas productivas por baja performance de las máquinas que afectan el RENDIMIENTO y la Eficiencia Global del equipo OEE, para alcanzar niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.
- e. Desarrollar e implementar las estrategias del Mantenimiento Productivo Total TPM, para eliminar las pérdidas de horas productivas por servicio deficiente o defectuoso que afectan la CALIDAD DEL SERVICIO y la Eficiencia Global del equipo OEE, para alcanzar niveles de clase mundial en la terminal marítima de contenedores del Puerto del Callao.

## CAPÍTULO IX

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y OTRAS FUENTES

#### 9.1 Bibliografía de información

Abaurrea Castro, F. (2016). *Planificación de operaciones en una terminal de contenedores*. Sevilla: Universidad de Sevilla.

Apaza Aquisé, R. (2015). *El modelo de mantenimiento productivo total TPM y su influencia en la productividad de la empresa minera Chama Perú E.I.R.L. Ananea – 2015*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Casilimas Macias y Poveda Quintero, C. L. (2012). *Implementación del sistema de indicadores de productividad y mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment), en la línea tubería en CORPACERO S. A.* Bogotá: Universidad distrital Francisco José de caldas.

Collantes Bohorquez, J. (2005). *Efectividad Global de los equipos*. Lima, Peru: Datastream.

Muñoz Cinca, V. E. (2008). *Optimización de la producción en una terminal marítima de contenedores. Umbrales y punto de equilibrio*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

Rey Sacristán, F. (2001). *MANTENIMIENTO TOTAL DE LA PRODUCCIÓN*. MADRID: FUNDACIÓN CONFEMETAL.

Robles Rojas, A. C. (Abril de 2015). *ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS*

FÍSICOS DE GRÚAS PÓRTICO. *Tesis para optar el Título de Ingeniera Industrial, que presenta el bachiller.* Lima, Lima, Peru: PUCP.

Silva Burga, J. E. (2005). *IMPLANTACIÓN DEL TPM EN LA PIURA: UNIVERSIDAD DE PIURA.*

Vásquez Contreras, L. M. (2015). *Propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la industria metálica CERNISA E.I.R.L. aplicando el Overall Equipment Effectiveness (OEE).* Chiclayo: Universidad Caólica Santo Toribio.

## 9.2 Otras fuentes de información

ACIEM. (20 de Febrero de 2018). <http://www.aciem.org>. Obtenido de <http://www.aciem.org>:

<http://www.aciem.org/home/index.php/component/content/article/3396-mantenimiento-detectivo-como-estrategia-para-reducir-fallas-ocultas>

APM. TERMINALS. (FEBRERO de 2018). [/www.apmterminalscallao.com.pe](http://www.apmterminalscallao.com.pe). Obtenido de <https://www.apmterminalscallao.com.pe/default.aspx?id=3&articulo=14>

Arroyo Pérez, D. (2012). *Teoría y Operación del buque*. Suiza: OIT.

Autoridad Portuaria Nacional. (NOVIEMBRE de 2017). [www.apn.gob.pe](http://www.apn.gob.pe). Obtenido de <https://www.apn.gob.pe/site/wp-content/uploads/2017/12/pdf/MHRPP4AAE6KNUJUZZKEXVT7YIBB1HONOLVLDQ.pdf>

Autoridad Portuaria Nacional. (febrero de 2018). *linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6367105713046720513/>

CARGA GLOBAL - COPYRIGHT ©. (2013). *Carga global*. Obtenido de <http://masapps.me/cargaglobal/#!/asesoriaGeneral>

CEPAL. (2016). [www.cepal.org](http://www.cepal.org). Obtenido de <https://www.cepal.org/es/infografias/ranking-puertos-top-20-america-latina-caribe-2016>

COMEX PERU. (08 de Marzo de 2017). [www.comexperu.org.pe](http://www.comexperu.org.pe).  
Obtenido de <https://www.comexperu.org.pe/upload/articles/cargocomex/cargocomex001.pdf>

Copyright © Shanghai Yingji Crane . (2012). [www.yjcrane.com](http://www.yjcrane.com). Obtenido de <http://www.yjcrane.com/cranes/gantry-crane/rubber-tyre-gantry-crane.html>

CRUELLES RUIZ, J. A. (2010). *La teoría de la medición del despilfarro*. TOLEDO - ESPAÑA: artef, S. L.

eumed. (22 de 02 de 2018). [www.eumed.net](http://www.eumed.net). Obtenido de <http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

Galván Romero, D. (2012). *ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TMP) MEDIANTE EL MODELO DE OPCIONES REALES*. MEXICO: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO.

goodnewsfinland. (10 de febrero de 2017). [www.goodnewsfinland.com](http://www.goodnewsfinland.com).  
Obtenido de <http://www.goodnewsfinland.com/valmet-rebuild-paper-machine-us/>

JIMENEZ, M. (18 de FEBRERO de 2014). [noticiaslogisticaytransporte.com](http://noticiaslogisticaytransporte.com). Obtenido de <http://noticiaslogisticaytransporte.com/transporte/18/02/2014/importadores-de-alimentos-asiaticos-se-cambian-a-buques-portacontenedores/12560.html>

LOGISNET. (20 de Febrero de 2018). <http://www.logisnet.com>. Obtenido de <http://www.logisnet.com/publicidad/diccionario/buque-portacontenedores-celular/>

- Mora Gutierrez, L. A. (2009). *Mantenimiento*. Mexico: Alfaomega.
- PACECO ESPAÑA. (2018). [www.paceco.es](http://www.paceco.es). Obtenido de <http://www.paceco.es/es/gruas-de-muelle>
- REYES, L. (20 de febrero de 2018). *Blog "Ampliación del Canal de Panamá, fué la mejor decisión."*. Obtenido de <http://transporte-carga-utp.blogspot.pe/p/impulsadores-de-la-ampliacion.html>
- SA Lift & Loader. (2018). [www.saliftandloader.com](http://www.saliftandloader.com). Obtenido de <http://www.saliftandloader.com.au/equipment/omega-reach-stackers/>
- Salazar, A. (2 de Diciembre de 2011). Obtenido de [es.slideshare.net](http://es.slideshare.net): <https://es.slideshare.net/ArturoSalazarRobles/proceso-my-x-despacho-myx-ok>
- Suzuki, T. (2017). *TPM en la industria de proceso*. Madrid, España: TGP - Hoshin, S. L.
- Tavares, L. A. (2014). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.
- Tgaintegral. (2018). [www.tgaintegral.com](http://www.tgaintegral.com). Obtenido de [http://www.tgaintegral.com/contenedor\\_maritimo.html](http://www.tgaintegral.com/contenedor_maritimo.html)
- UDEP. (27 de Febrero de 2018). [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1\\_44\\_17\\_6\\_10\\_295.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_44_17_6_10_295.pdf). Obtenido de [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1\\_44\\_17\\_6\\_10\\_295.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_44_17_6_10_295.pdf): <http://www.biblioteca.udep.edu.pe>
- Work Class Manufacturing. (20 de 02 de 2018). [world-class-manufacturing.com](http://world-class-manufacturing.com). Obtenido de [world-class-manufacturing.com](http://world-class-manufacturing.com):

<https://world-class-manufacturing.com/es/OEE/oeecalculation.html>

## ANEXOS.

### MATRIZ DE CONSISTENCIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA EFICIENCIA GLOBAL DEL EQUIPO, PARA ALCANZAR NIVELES DE CLASE MUNDIAL EN UNA TERMINAL MARÍTIMA DE CONTENEDORES.						
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		HIPÓTESIS Y VARIABLES		INDICADORES	METODOLOGÍA	
Formulación	Objetivos	Hipótesis	Variables		Investigación	Técnicas
General:	Generales:	General:	Independiente			
<p>De qué manera la gestión de mantenimiento basado en la eficiencia global del equipo (OEE), permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal marítima de contenedores?</p>	<p>Optimizar la gestión del mantenimiento basado en el análisis de la eficiencia global (OEE), para alcanzar niveles de clase mundial en una terminal marítima de contenedores.</p>	<p>Si se optimiza la gestión de mantenimiento entonces se podrá alcanzar niveles de clase mundial del OEE.</p>	<p>X: Gestión de mantenimiento</p>	<p>X1: Efectividad neta del equipo. X2: Productividad efectiva total del equipo. X3: Índice de tiempo promedio entre fallos.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> Aplicada de ciencia Causal y descriptivo.</p> <p><b>DISEÑO:</b> No experimental, Transaccional.</p> <p><b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo.</p> <p><b>POBLACIÓN Y MUESTRA:</b> N3, Terminales de contenedores en Callao y Paña</p> <p>n : 1. Terminal de contenedor.</p> <p><b>UBICACIÓN:</b> Puerto del Callao</p>	<p><b>TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.</b> Técnica tipo documental: reportes de operación (ship report), información estadística e informes de mantenimiento emitidos por la terminal de contenedores, de niveles de servicio y productividad (NSP) establecidas por la Autoridad Portuaria Nacional APN y supervisada por OSITRAN</p> <p><b>INSTRUMENTOS.</b> Informes estadísticos indicadores de gestión</p> <p><b>TECNICAS DE ANALISIS DE DATOS.</b> Meda aritmética Desviación estandar Modo y Rango Tabla de frecuencia y de porcentajes.</p>
Específicas:	Específicas:	Específicas	Dependiente			
<p>a. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis de la disponibilidad del equipo, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?</p> <p>b. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis del rendimiento o productividad del equipo, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?</p> <p>c. ¿De qué manera la gestión de mantenimiento basado en el análisis de la calidad del servicio a la carga contenedorizada, permitirá alcanzar niveles de clase mundial en una terminal de contenedores?</p>	<p>a. Optimizar la gestión del mantenimiento, basado en el análisis de la disponibilidad del equipo, hacia niveles de clase mundial en una terminal marítima de contenedores.</p> <p>b. Optimizar la gestión del mantenimiento basado en el análisis del rendimiento o productividad del equipo, hacia niveles de clase mundial en una terminal marítima de contenedores.</p> <p>c. Optimizar la gestión del mantenimiento basado en el análisis de la calidad del servicio a la carga, hacia niveles de clase mundial en una terminal marítima de contenedores.</p>	<p>La gestión de mantenimiento, se basa en la disponibilidad, productividad y calidad de servicio del equipo para carga contenedorizada, para alcanzar estándares de clase mundial en el terminal portuario.</p>	<p>Y: Eficiencia global del equipo (OEE).</p>	<p>Y1: Disponibilidad del equipo. Y2: Rendimiento o productividad del equipo. Y3: Calidad del servicio a la carga</p>	<p><b>Plan de análisis de datos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimiento de carga contenedorizada.</li> <li>- Niveles de servicio y Productividad.</li> <li>- Indicador del OEE.</li> <li>- Tiempo perdido por falta de equipo.</li> <li>- Tiempo improductivo por causa ajenas al equipo.</li> <li>- Tiempo disponible neto del equipo</li> </ul>	

Fuente: Elaboración propia.