

Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. Chimbote, 2015.

Design of a Plan of Reliability Centered Maintenance (RCM), to increase the Operational Availability of Critical Equipment Area Frozen Fish Complex Casamar SAC. Chimbote, 2015.

Projeto de um Plano de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), para aumentar a Disponibilidade Operacional dos Equipamentos Críticos Área Congelada Pescas Complexo Casamar SAC. Chimbote, 2015.

Genrry Echevarría Sánchez¹, Elías Gutiérrez Pesantes¹, Gracia Galarreta Oliveros¹, Robert Guevara Chinchayán².

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos. Para ello se aplicó un Análisis de Criticidad (AC), que ayudó a determinar que el 80% de los equipos del Área de Congelado son críticos, respectivamente se determinó que hay una Disponibilidad Operacional Inicial Generalizada de 72.49%. Posteriormente se realizó un Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), que ayudó a determinar que el 55% de los Modos y Efectos de Fallas son Críticos. Respectivamente se aplicó el Árbol de Decisión de Tareas de Mantenimiento (ALD), que ayudaron a determinar las tareas a realizar, estas son: A Condición (35%), de Reacondicionamiento (29%), ningún Mantenimiento Programado (15%), Sustitución Cíclica (13%) y Búsqueda de Fallas (8%). Luego se realizó el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), posteriormente, se determinó que la Disponibilidad Operacional Final Generalizada resultante es de 88.17%, por último se evaluó y comparó la Disponibilidad Operacional Inicial y Final determinándose que hubo un incremento en la Disponibilidad Operacional Generalizada de 15.73%.

Abstract

This research aims Designing a Plan of Reliability Centered Maintenance (RCM), to increase Operational Availability of Critical Equipment. For this, a criticality analysis (AC) was applied, that helped to determine that 80% of the frozen area teams are Critical, respectively it is determined that There is a Generalized Initial Operational Availability of 72.49%. Subsequently, a Modal Analysis and Failure Effects (AMEF) was performed, that helped to determine that 55% of Fault Modes and Effects are Critical. Respectively Decision Tree Maintenance (ALD) applies, which helped to determine tasks to be performed, these are: A Condition (35%), of Overhaul (29%), any Scheduled Maintenance (15%), replacement Cyclic (13%) and Failure search (8%). Plan is then performed Reliability Maintenance Centred (RCM), subsequently, it was determined that the resulting Generalized Final Operational Availability is 88.17%, ultimately we evaluated and compared the Initial and Final Operational Availability determined that there was a generalized increase in the operational availability of 15.73%.

Resumo

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um plano de Manutenção Centrada em Confiabilidade (RCM), para aumentar a Disponibilidade Operacional de equipamento Crítico. Isto requer uma Análise de Criticidade (AC) é aplicada, que ajudou a determinar que 80% da área das equipas congelados são Críticos, respectivamente é determinado de que existe uma Disponibilidade Operacional Inicial Generalizada de 72.49%. Posteriormente, uma Análise Modal de Falhas e Efeitos (FMEA) foi realizada, que ajudou a determinar que 55% dos Modos de Falha e Efeitos são Críticos. Respectivamente manutenção Árvore de Decisão (ALD) é aplicável, o que ajudou a determinar as tarefas, que são: A Condição (35%), de Overhaul (29%), sem Manutenção Programada (15%), e Pesquisar de Fallas (8%). É então realizada Plano de Manutenção Centrada Confiabilidade (RCM). Posteriormente, determinou-se que a Disponibilidade Operacional Final Generalizada resultante é 88.17%, Finalmente, avaliadas e comparadas a disponibilidade operacional inicial e final determinado que houve um aumento Generalizado na Disponibilidade Operacional de 15.73%.

¹Escuela de Ingeniería Industrial. Universidad César Vallejo, Chimbote, Perú, gechevarrias@hotmail.com

²Escuela de Ingeniería en Energía. Universidad Nacional del Santa, Chimbote, Perú.

Recibido: 12 de diciembre del 2015

Aceptado: 17 de diciembre del 2015

Introducción

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ubica al Perú como el segundo país con mayor generación de productos hidrobiológicos a nivel mundial, con una producción pesquera anual de 7.2 millones de toneladas, siendo China el país con una producción pesquera anual de 14.6 millones de toneladas, seguidos por países con poca producción pesquera como: Indonesia, Estados Unidos y Japón.

Sin embargo siendo el PERÚ uno de los mayores generadores de productos hidrobiológicos en Latinoamérica, su producción presenta deficiencias en cuanto a la Gestión de los Activos Físicos limitando la competitividad frente a países como: CHINA, ESTADOS UNIDOS Y JAPÓN.

Según el Ministerio de la Producción (PRODUCE), en el norte del Perú se genera el 70 % de la producción nacional de Productos Hidrobiológicos por lo que es necesario identificar las debilidades en cuanto a la Gestión de Activos que limitan la competitividad de las Industrias Pesqueras frente al mercado internacional, por lo que es necesario identificar tales debilidades para la aplicación de estrategias que ayuden a impulsar la competitividad de dichos productores en el mercado internacional.

Es por ello que el presente proyecto de investigación, en el Capítulo I, se plantea determinar la influencia del Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar S.A.C. El objetivo principal de este proyecto de investigación es “Diseñar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), incrementó la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar S.A.C”. El presente proyecto se justifica, mediante el Diseño de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), que traerá consigo un incremento en la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado.

En el Capítulo II, el presente proyecto tiene como diseño de investigación, en cuanto a su tipo de estudio el cual es Aplicado y de tipo Explicativo. Con respecto a su diseño de investigación es Experimental y de tipo Pre-experimental, también se definen la población y la muestra, como también las técnicas e instrumentos de recopilación de la información y los métodos de análisis de datos.

En el Capítulo III, se presentan los resultados del presente proyecto de investigación como son: Análisis de Criticidad (AC), Disponibilidad Operacional inicial, Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), Árbol Lógico de Decisión (ALD), Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Disponibilidad Operacional final y comparación de la Disponibilidad Operacional inicial y final.

En el Capítulo IV, se presenta, se explica y se discuten los resultados del proyecto de investigación.

En el Capítulo V, concluimos que se obtuvo un aumento de la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar S.A.C.

Materiales y métodos

Se utilizó la metodología pre experimental de pre y post prueba con un solo grupo, el diseño supone tres momentos, primero una medición previa de la Variable Dependiente a ser estudiada (Disponibilidad Operacional Inicial), luego la aplicación de la variable independiente (Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)) o experimental X a los sujetos Y (Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC.). Por ultimo realizar una nueva medición de la variable dependiente en los sujetos (Disponibilidad Operacional Inicial). Siguiendo el siguiente esquema: (G: O1 –X– O2), Donde: G: Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC; O1: Pre-Test, datos recolectados en base a la Producción de la Planta de Congelado y las Tareas de Mantenimiento que se realizan a los Equipos Críticos del Área de Congelado; X: Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) y O2: Pro- Test, datos recolectados en base a la Producción de la Planta de Congelado y las tareas de mantenimiento establecidas en el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

Tabla 1: Cantidad de equipos en el Área de Congelado

EQUIPOS	UNIDADES
Subestación eléctrica	1
Compresor de tornillo	4
Compresor de pistones	1
Condensador evaporativo	3
Condensador tubular	2
Electrobomba para impulsión de amoniaco	2
Recibidor y separador de amoniaco	2
Enfriadores de aire	14
Clorinador	1
Montacargas	1

En la Tabla 01 se muestra el número de Equipos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. La muestra fue tomada de la Disponibilidad Operacional generalizada de los Equipos Críticos del Complejo Pesquero Casamar SAC de los 6 últimos meses (julio - diciembre) del año 2015.

Para la recolección de datos se realizó una Ficha de Recolección de Datos: para determinar las horas empleadas para la Producción de Frio y para la realización de las Tareas de Mantenimiento Preventivas y Correctivas.

Resultados

Para elaborar el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. Se tuvo que determinar en primer lugar los Equipos Críticos del Área de Congelado para ello se realizó un Análisis de Criticidad (AC). Ver tabla 2 y 3.

Tabla 2: Análisis de Criticidad

Sub sistemas	Equipos	Resultados
GENERACIÓN ELÉCTRICA	Compresores para Amoniaco	170
GENERACIÓN DE FRÍO	Torres de condensación evaporativa	170
	Sub-estación Eléctrica	130
	Condensadores Tubulares	130
	Cámaras de Almacenamiento	128
	Electrobombas de Impulsión de Amoniaco	88
	Tanque Recibidor de Amoniaco	68
	Túneles de Congelamiento Rápido	68
CLORACIÓN	Montacargas	32
LOGÍSTICO	Clorinador	13

Tabla 3: Resultados del Análisis de Criticidad.

	Críticos
	Semi críticos
	No críticos

En la Tabla 03, se muestra los Resultados del Análisis de Criticidad (AC), que se centró en el análisis de dos variables: La frecuencia de las fallas y las Consecuencias Operacionales, costos y el impacto en la Seguridad y Medio Ambiente por cada Subsistema, que forma parte del Área de Congelado.

La determinación de los Equipos Críticos servirá como punto de partida para la elaboración del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los mismos y poder direccionar las tareas de mantenimiento para disminuir las frecuencias de fallas.

En la Figura 01. Presenta cada uno de los ítems evaluados en cada equipo evaluando las dimensiones de Criticidad relevantes para el desarrollo del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). De manera que se evidencie las brechas, siendo mayor la brecha de criticidad de los Compresores y del condensador evaporativa.

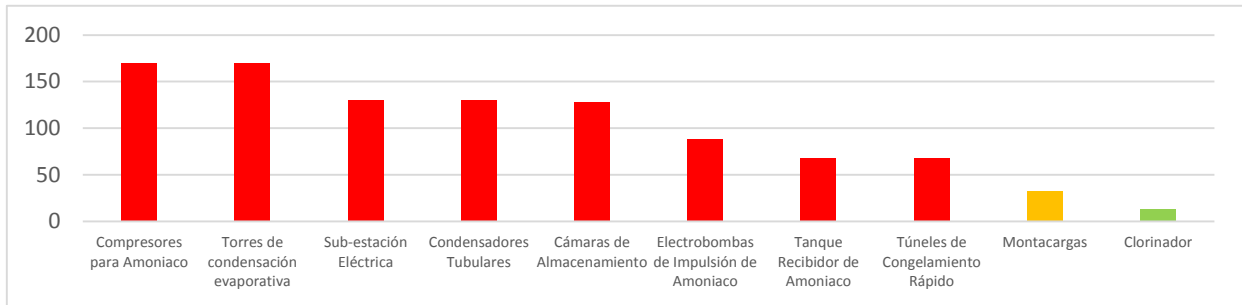


Figura 1: Resultados del Análisis de Criticidad (AC)

Los resultados del Análisis de Criticidad (AC), demuestra que existen serias deficiencias en la Gestión de los Activos Físicos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. De modo que existe la posibilidad de mejorar y por ende disminuir las brechas de Criticidad encontradas direccionando las tareas de mantenimiento a los equipos críticos para disminuir la criticidad de cada uno de los equipos.

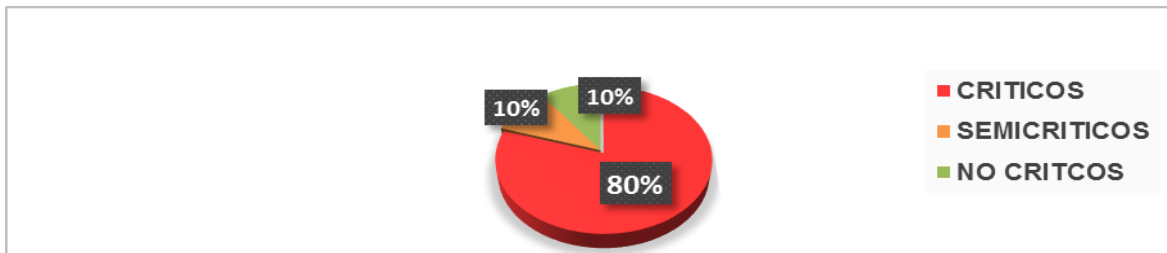


Figura 2: Distribución Porcentual de los Niveles de Criticidad.

En la Figura 02, se evidencia una brecha significativa de la criticidad de los equipos ya que el resultado determinó que el 80 % de los Equipos son Críticos.

Para elaborar el Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), para incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. Se tuvo que determinar la Disponibilidad Operacional Generalizada de los 6 últimos meses del año 2014, basándose en los datos históricos del Complejo Pesquero Casamar SAC.

Tabla 4: Resultados de la Disponibilidad Operacional Generalizada.

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL GENERALIZADA 2014				
MES	Tiempo Medio entre Mantto. (MTBM)	Tiempo Medio de Mantto. Activo (M)	D.O	I.O
JULIO	90	68	56.96%	43.04%
AGOSTO	105.84	35.2	75.04%	24.96%
SEPTIEMBRE	152	50.67	75.00%	25.00%
OCTUBRE	224	60	78.87%	21.13%
NOVIEMBRE	96	44.8	68.18%	31.82%
DICIEMBRE	144	34	80.90%	19.10%
Resultados	811.84	292.67	72.49%	27.51%

En la Tabla 04. Se muestra los Resultados de la Disponibilidad Operacional Generalizada que se centró en el análisis de dos variables: Tiempo Medio entre Mantenimiento (MTBM) y el Tiempo Medio entre Mantenimiento Activo (M).

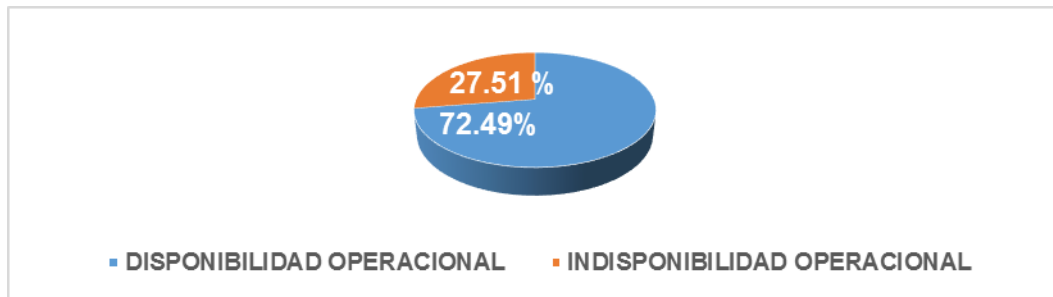


Figura 3: Distribución Porcentual de la Disponibilidad Operacional Generalizada del Año 2014.

En la Figura 03, se evidencia el alto grado de Indisponibilidad Operacional que tiene la planta de congelado.

Para la determinar las fallas con alto grado de criticidad se realizó un Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF) que ayudó a determinar los Modos y Efectos de Fallas en donde se deben direccionar las tareas para aumentar la Disponibilidad Operacional de los Equipos del Área de Congelado.

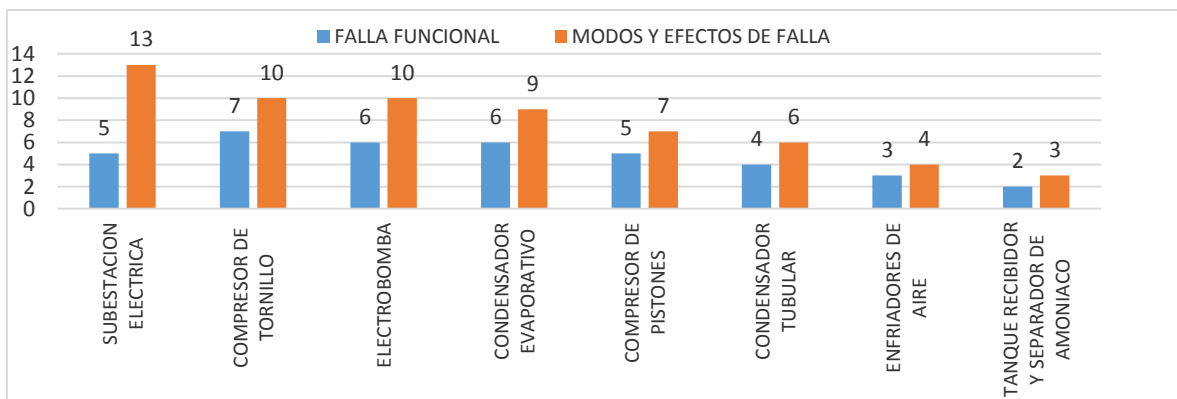


Figura 4: Resultados del Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF).

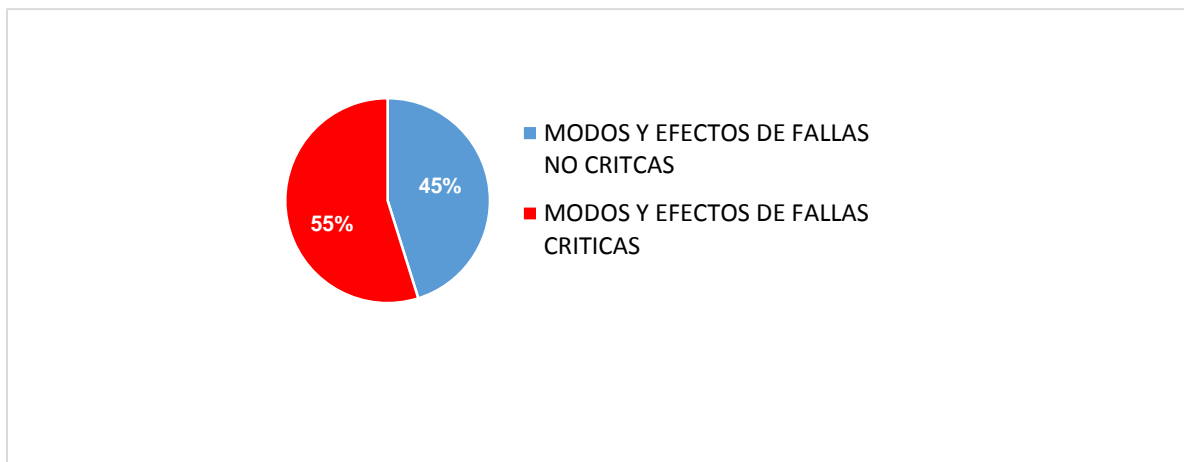


Figura 5: Distribución Porcentual de la Criticidad de los Modos y Efectos de Fallas.

En la Figura 05, se evidencia que de los 62 Modos y Efectos de Fallas encontrados en total 34 son Críticos. Esto quiere decir que del 100% de los Modos y Efectos de Fallas encontrados el 55% son críticos.

Para establecer las tareas de Mantenimiento a cada Modo y Efecto de Falla se realizó el Árbol Lógico de Decisión (ALD), que ayudó a establecer las Tareas de Mantenimiento y a su vez ayudar a reducir la Criticidad de cada Modo y Efecto de Falla Encontrado.

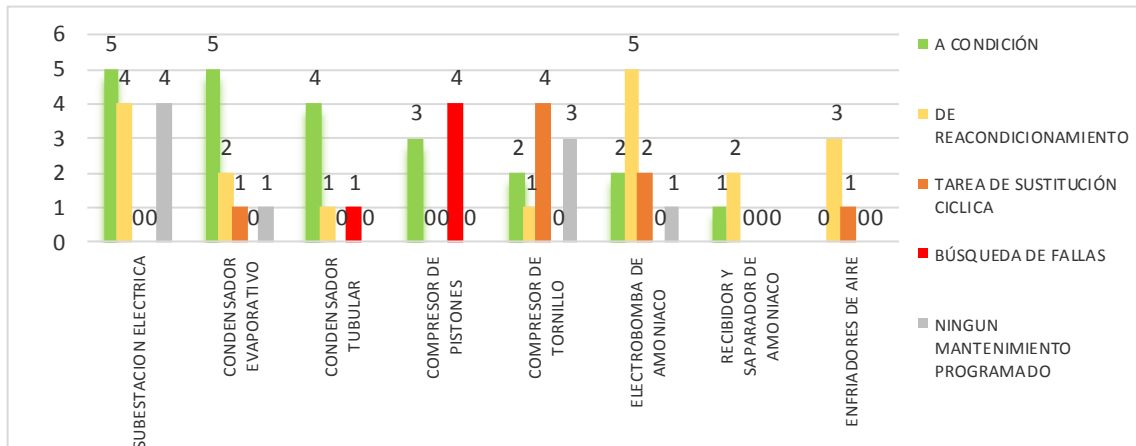


Figura 6: Distribución de las Tareas de Mantenimiento.

En la Figura 06, se muestra el número de tipos de Tareas de Mantenimiento que se debería realizar por cada Equipo.

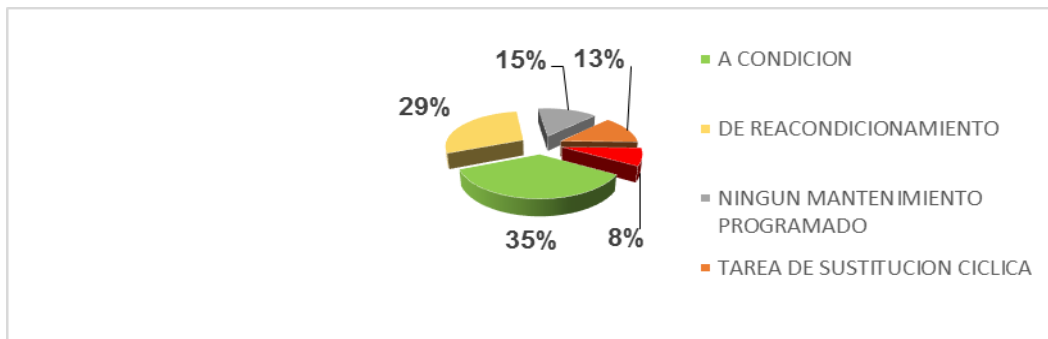


Figura 7: Distribución Porcentual de las Tareas de Mantenimiento.

En la Figura 07, se muestra la Distribución Porcentual de las Tareas de Mantenimiento que cuenta con 63 Tareas de Mantenimiento en Total y que están distribuidas porcentualmente en el gráfico.

En la Tabla 05, se resume el programa original de Mantenimiento.

Tabla 5: Programa de Mantenimiento Resumido.

MANTENIMIENTO	ACTIVIDADES PRINCIPALES
PREVENTIVO	Rutinas de verificación, de control, de revisión diaria. Tareas de Reacondicionamiento.
AUTÓNOMO	Formatos de inspección antes y durante la producción.
PREDICTIVO	Análisis de aceites. Análisis termográfico. Análisis vibracional. Inspecciones visuales
CORRECTIVO PROGRAMADO	Tareas estandarizadas en tiempos y procedimientos.

Este Programa de Mantenimiento está dividido en Tareas de Alta Frecuencia y Baja Frecuencia.

PROGRAMAS DE ALTA FRECUENCIA:

Son programas llevados a cabo a intervalos de hasta una semana. Estos programas usualmente consisten solamente en tareas en condición y en búsqueda de fallas. Tienen un contenido de trabajo bajo, y por lo tanto pueden ser llevados a cabo rápidamente. Estos programas de mantenimiento son la columna vertebral de un mantenimiento de rutina exitoso.

PROGRAMAS DE BAJA FRECUENCIA:

Son los llevados a cabo en intervalos de un mes o mayores. Su horizonte de planeamiento más extenso los hace menos receptivos de sistemas simples de planeamiento del tipo utilizado para las tareas de alta frecuencia. Generalmente tienen un contenido mayor de trabajo, de manera que se necesita más tiempo para llevarlos a cabo, y la planta generalmente debe ser detenida, para verificar que se cumplió con el Objetivo Principal de este proyecto, de incrementar la Disponibilidad Operacional de los Equipos Críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC. Gracias al Diseño del Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Se medirá la disponibilidad operacional generalizada final.

Tabla 6: Resultados de la Disponibilidad Operacional Generalizada.

DISPONIBILIDAD OPERACIONAL GENERALIZADA 2015				
MES	Tiempo Medio entre Mantto. (MTBM)	Tiempo Medio de Mantto. Activo (M)	D.O	I.O
JUNIO	184	34.67	84.15%	15.85%
JULIO	132	19	87.42%	12.58%
AGOSTO	208	21.33	90.70%	9.30%
SEPTIEMBRE	144	15	90.57%	9.43%
OCTUBRE	168	16	91.30%	8.70%
NOVIEMBRE	138	24	85.19%	14.81%
Resultados	974	130	88.22%	11.78%

En la Tabla 06, se muestran los resultados de la Disponibilidad Operacional Generalizada que se centró en el análisis de dos variables: Tiempo Medio entre Mantenimiento (MTBM) y el Tiempo Medio entre Mantenimiento Activo (M).

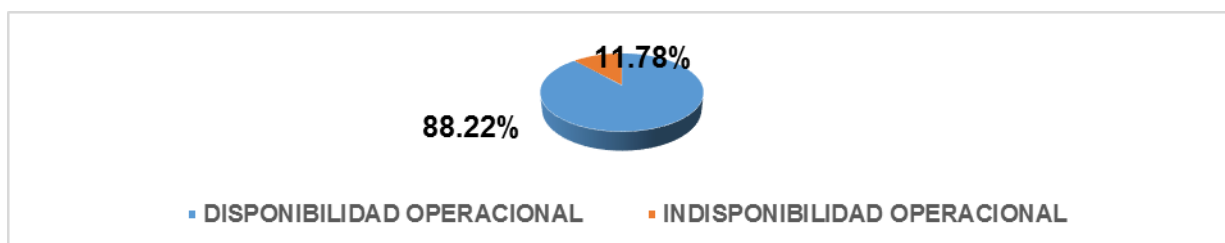


Figura 8: Distribución Porcentual de la Disponibilidad Operacional Generalizada del Año 2015.

En la Figura 08, se evidencia una baja en la Indisponibilidad Operacional que tiene la Planta de Congelado.

Para finalizar se aplicara la T de Student para comparar resultados en cuanto a la Disponibilidad Operacional Inicial y Final.

Tabla 7: Resultados Tde Student.

MESES	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL INICIAL	DISPONIBILIDAD OPERACIONAL FINAL
JUNIO	0.57	0.84
JULIO	0.75	0.87
AGOSTO	0.75	0.91
SEPTIEMBRE	0.79	0.91
OCTUBRE	0.68	0.91
NOVIEMBRE	0.81	0.85
MEDIA	0.73	0.88
DIFERENCIA	0.15	

En la Tabla 07, se presenta el resultado del crecimiento de la Disponibilidad Operacional gracias al Plan de mantenimiento diseñado y aplicado.

Conclusiones

Se aplicó el Análisis de Criticidad (AC) y se determinó que 29 equipos son críticos (80%), 1 equipo es semicritico (10%) y 1 equipo no critico (10%).

Se determinó la Disponibilidad Operacional Inicial que fue de 72.49% de los meses (junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre) del año 2014.

El Análisis Modal de Efectos y Fallas (AMEF), permitió determinar que de 62 Modos y Efectos de Fallas entre 29 equipos críticos, donde el 20.97% son generados por la Subestación Eléctrica, el 16.13% es por los Compresores de Tornillo, el 16.13% por las Electrobombas, el 14.52% por los Condensadores Evaporativos, el 11.29% por el Compresor de Pistones, el 9.68% por los Condensadores Tubulares, el 6.45% por los Enfriadores de Aire y el 4.84% por los Tanques Recibidores y Separadores de Amoniaco.

Con la aplicación del ALD se conoció que el 92,06% de las fallas que presentan los equipos estudiados generan consecuencias operacionales, y el 7.94% de consecuencias No Evidentes.

Para minimizar la ocurrencia de fallas en los equipos críticos del Área de Congelado del Complejo Pesquero Casamar SAC, se registraron en el Plan de Mantenimiento Propuesto 18 actividades de Mantenimiento para la Subestación Eléctrica, 17 actividades de Mantenimiento para Compresores de Tornillo, 15 actividades de Mantenimiento para las Electrobombas, 16 actividades de Mantenimiento para los Condensadores Evaporativos, 13 actividades de Mantenimiento para el Compresor de Pistones, 12 actividades de Mantenimiento para los Condensadores Tubulares, 14 actividades de Mantenimiento para Enfriadores de Aire y 10 actividades de Mantenimiento para Tanques Recibidores y Separadores de Amoniaco.

Finalmente gracias a la Implementación del Plan de Mantenimiento en los meses de (enero a mayo) de año 2014 se logró incrementar la Disponibilidad Operacional en un 15.73%.

Referencias Bibliográficas

- Mora, A. (2005). *Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicio*.
- Moubray, J. (2004). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM II)*. North Carolina, USA., ISBN 09539603-2-3.
- Navarro, J. (2014). *Técnicas de Mantenimiento Industrial*. España.
- Santiago, G. (2013). *Plan de Mantenimiento Programado*. S.L.: Renovetec.