



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Laureate International Universities

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE
MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE POZOS BASADO EN
EL TPM PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS
EQUIPOS DE BOMBEO DE LA EMPRESA
AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S. A. A.**

**TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

Bach. Jason Nicholas De la Cruz Gonzales

ASESOR:

Ing. Rafael Castillo Cabrera

TRUJILLO – PERÚ

2017

DEDICATORIA

A nuestro Padre Celestial por darme la vida y la oportunidad de realizar mis metas.

A mi madre:

Por su consejos, por su amor y motivación para que yo sea alguien en la vida y por haberme apoyado en las buenas y en las malas.

A mi esposa:

Por su apoyo incondicional e impulsarme cada día a ser mejor persona.

A mi hijo:

Que es mi motivo para seguir adelante y ser ejemplo un buen ejemplo para él.

A mi familia:

En general que siempre creyeron en mí y me brindaron su apoyo incondicional.

EPÍGRAFE

“En la investigación es incluso más importante el proceso que el logro mismo”.

(Emilio Muñoz)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fortaleza para culminar una meta más en mi carrera profesional y ayudarme a superar los obstáculos que se presentaron en mi vida diaria.

Agradezco enormemente a mi familia que siempre me estuvo apoyando para la realización de este trabajo de investigación, motivándome a ser una mejor persona y profesional.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

“PROPUESTA DE MEJORA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE POZOS BASADO EN EL TPM PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO DE LA EMPRESA AGROINDUSTRIAS SAN JACINTO S. A. A.”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los primeros de Setiembre a Diciembre del año 2017, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otras Proyectos o Investigaciones.

Bach. Jason Nicholas De la Cruz Gonzales

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor: Ing. Rafael Castillo Cabrera

Jurado 1: Ing. Ramiro Mas Mac Gowen

Jurado 2: Ing. Marcos Baca Lopez

Jurado 3: Ing. Mario Alfaro Cabello

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general el desarrollo de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento en el área de pozos basada en el TPM para incrementar la productividad de los equipos de bombeo en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Se realizó el diagnóstico de la situación actual de los procesos de mantenimiento de los equipos del área de pozos encontrando los principales problemas que afectan a la productividad actual, las cuales se deben a la falta de un programa de mantenimiento preventivo ya que en el año 2016 se tuvo 254 paradas por mantenimiento correctivo dejando de producir un total de 14,415.36 bolsas de azúcar valorizadas en S/.1,263,243.78.

Se tuvo un total de 9,745 horas en reparaciones (TTR) por las 254 paradas por fallas correctivas y se tuvo un MTTR promedio de todos los equipos de 40 horas y un MTBF de 336 horas. Además se detectó falta de personal especializado para algunas ordenes de trabajo y falta de capacitación, esto se vió reflejado en el monto de servicio externo de mantenimiento que asciende en S/. 64,575.00, además se detectó falta de herramientas las cuales muchas ya están obsoletas produciendo demoras en los mantenimientos, falta de equipos predictivos para detección de fallas, falta de orden y limpieza y por último no se contaba con un manual de procedimiento de mantenimiento donde se detectaron % demoras que generaban grandes pérdidas que ascienden a S/.257,427.64 monto significativo que pudo ser reducido a S/. 188,489.39 al implementar procedimientos para reducir los tiempos de mantenimiento de los equipos de bombeo.

Finalmente se desarrollaron 6 fases para implementación de la metodología TPM en el área de Pozos a través de charlas, capacitaciones, temas de discusión y desarrollo en general; con el fin de educar y crear una cultura basada en el TPM lo cual tiene como objetivo generar la máxima eficiencia de los equipos de bombeo de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A reduciendo tiempos de demoras por paradas y lograr obtener personal más productivo. Para culminar, se realizó una evaluación económica financiera obteniéndose un VAN de S/. 624,133 y un TIR de 59,10% y un retorno de inversión de 1.98 años.

ABSTRACT

The general objective of this research was the development of a proposal for improvement in maintenance management in the wells area based on the TPM to increase the productivity of the pumping equipment in the company Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

The diagnosis of the current situation of the maintenance processes of the well area equipment was made, finding the main problems that affect the current productivity, which are due to the lack of a preventive maintenance program since in 2016 There were 254 stops for corrective maintenance, leaving a total of 14,415.36 bags of sugar valued at S / . 1, 263,243.78.

A total of 9,745 hours in repairs (TTR) were taken for the 254 corrective failure shutdowns and there was an average MTTR of all the equipment of 40 hours and an MTBF of 336 hours. In addition, a lack of specialized personnel was detected for some work orders and lack of training, this was reflected in the amount of external maintenance service that amounts to S / . 64,575.00, it was also detected a lack of tools, many of which are already obsolete, causing delays in maintenance, lack of predictive equipment for fault detection, lack of order and cleaning and finally, there was no maintenance procedure manual where they were detected. % delays that generated large losses amounting to S / .257, 427.64 significant amount that could be reduced to S / . 188,489.39 when implementing procedures to reduce the maintenance times of the pumping equipment.

Finally, six phases were developed for the implementation of the TPM methodology in the Wells area through talks, trainings, discussion topics and development in general; in order to educate and create a culture based on the TPM which aims to generate maximum efficiency of the pumping equipment of the company Agroindustrias San Jacinto S.A.A reducing downtime due to stops and achieve more productive personnel. To complete it, an economic financial evaluation was carried out, obtaining a VPN of S / . 624,133 and an IRR of 59.10% and an investment return of 1.98 years.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
EPÍGRAFE	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PRESENTACIÓN.....	v
LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS.....	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INDICE GENERAL.....	ix
INDICE DE GRÁFICOS	xii
INDICE DE CUADROS	xiii
INTRODUCCION	xvi
CAPITULO 1	1
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Realidad problemática	2
1.2 Formulación del Problema	7
1.3 Hipótesis	7
1.4 Objetivos	8
1.4.1 Objetivo General	8
1.4.2. Objetivos específicos	8
1.5 Justificación.	8
1.6 Tipo de Investigación	9
1.6.1 Por la orientación	9
1.6.2 Por el diseño	9
1.7 Diseño de la investigación	9
1.7.1 Localización de la investigación	9
1.7.2 Alcance	9
1.7.3 Duración del proyecto	9
1.8 Variables.....	10
1.9 Operacionalización de variables	11
CAPÍTULO 2	12
MARCO REFERENCIAL.....	12
2.1 Antecedentes de la Investigación	13

2.2 Base Teórica	14
2.2.1 Equipos de bombeo de las empresas agroindustriales	14
2.2.2 Gestión de mantenimiento	18
2.2.3 Productividad	30
2.3 Definición de Términos	34
CAPÍTULO 3	36
DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL	36
3.1 Descripción general de la empresa	37
3.1.1 Agroindustrias San Jacinto S.A.A.	37
3.1.2 Datos.....	38
3.1.3 Actividad y Sector Económico.....	38
3.1.4 Misión y visión.....	38
3.1.4.1 Misión	38
3.1.4.2 Visión.....	39
3.1.5 Proveedores.....	39
3.1.6 Competidores.....	40
3.1.7 Maquinarias y equipos	40
3.1.8 Organigrama de la empresa.....	42
3.1.9 Proceso productivo	42
3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis	44
3.3 Identificación del problema e indicadores actuales.....	46
3.3.1. Matriz de priorización	47
3.3.2. Diagrama de Pareto	48
3.3.3. Identificación de los indicadores	49
3.3.4 Diagnostico de las causas raíces.....	50
CAPÍTULO 4	55
SOLUCION PROPUESTA.....	55
4.1 Propuesta de mejora	56
4.1.1 Plan de mantenimiento preventivo	56
4.1.1.1 Inventario de los equipos.....	56
4.1.1.2 Codificación de los equipos.....	61
4.1.1.3 Análisis de criticidad de los equipos	63
4.1.1.4 Elaboración del Programa de Mantenimiento Preventivo	69

4.1.1.5 Gestión de la documentación	76
4.1.2 Perfiles de Puestos de Trabajo y Contratación de personal Especializado	77
4.1.3 Procesos de Mantenimiento para Equipos de bombeo.....	80
4.1.4 Adquisición de Equipos Predictivos	97
4.1.5 Propuesta Implementación del TPM	98
4.1.5.1 Alcance Propuesta TPM.....	99
4.1.5.2 Implementación TPM.....	99
4.1.5.3 Fases de Implementación.....	100
4.1.5.3.1 Fase I.....	100
4.1.5.3.2 Fase II.....	102
4.1.5.3.3 Fase III.....	104
4.1.5.3.4 Fase IV	106
4.1.5.3.5 Fase V	107
4.1.5.3.6 Fase VI	108
4.1.5.4 Beneficios de la Implementación TPM	110
4.1.6 Adquisición de Herramientas	111
CAPITULO 5	113
EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA.....	113
5.1. Evaluación Económica Financiera.....	114
5.1.1. Beneficio Económico con Propuesta TPM	114
5.1.2. Inversión para la Propuesta TPM.....	114
CAPITULO 6	116
RESULTADOS Y DISCUSION.....	116
6.1. Resultados.....	117
6.2. Discusión	119
CAPITULO 7	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	120
7.1. Conclusiones	121
7.2. Recomendaciones	122
Bibliografía	123
ANEXOS	125

INDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 01: Principales factores que causan las averías de maquinarias
- Gráfico 02: Fallas en las enderezadoras atendidas por personal de mantenimiento
- Gráfico 03: Disponibilidad promedio de los pozos (2015 vs 2016)
- Gráfico 04: Tendencia del porcentaje de pedidos de materiales, lubricantes o repuestos para el mantenimiento con más de 1 mes de retraso
- Gráfico 05: Pérdidas generadas por déficit hídrico, durante el periodo 2016
- Gráfico 06: Pilares, procesos fundamentales, del TPM
- Gráfico 07: Foto de la Empresa
- Gráfico 08: Organigrama Departamento de Pozos
- Gráfico 09: Diagrama de Ishikawa
- Gráfico 10: Matriz de Priorización de Causas Raíces
- Gráfico 11: Diagrama de Pareto
- Gráfico 12: Indicadores y Metas de la Propuesta de Mejora

INDICE DE CUADROS

- Cuadro 01: Duración del proyecto
- Cuadro 02: Operacionalización de Variables
- Cuadro 03: Los 12 pasos para la Implementación de un Programa TPM
- Cuadro 04: Datos Generales de la Empresa
- Cuadro 05: Relación de Pozos
- Cuadro 06: % Mantenimiento Preventivo (Actual)
- Cuadro 07: Indicadores de Mantenimiento (Actual)
- Cuadro 08: Calculo del OEE (Actual)
- Cuadro 09: Costo por Falta de Procesos de Mantenimiento
- Cuadro 10: CLC de no contar con Equipos Predictivos
- Cuadro 11: Costo Mantenimiento Externo
- Cuadro 12: Inventario Equipos del Área de Pozos (Motor 1)
- Cuadro 13: Inventario Equipos del Área de Pozos (Motor 2)
- Cuadro 14: Inventario Equipos del Área de Pozos (Bomba 1)
- Cuadro 15: Inventario Equipos del Área de Pozos (Bomba 2)
- Cuadro 16: Codificación de los Equipos del Área de Pozos (1)
- Cuadro 17: Codificación de los Equipos del Área de Pozos (2)
- Cuadro 18: Factores de criticidad
- Cuadro 19: Rango de Criticidad
- Cuadro 20: Análisis Criticidad de Equipos del Área de Pozos (1)
- Cuadro 21: Análisis Criticidad de Equipos del Área de Pozos (2)
- Cuadro 22: Resultado del Análisis de Criticidad
- Cuadro 23: Equipos Críticos en Área de Pozos
- Cuadro 24: Programa de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Bombeo
- Cuadro 25: Total de Horas para la ejecución del Mantenimiento Preventivo
- Cuadro 26: Indicadores con Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo
- Cuadro 27: % Mantenimiento Preventivo con Mejora
- Cuadro 28: % Disminución de Pérdidas con Mejora
- Cuadro 29: % Cálculo de la OEE con Mejora
- Cuadro 30: Mano Obra Adicional para Ejecución Programa Mantenimiento Preventivo

Cuadro 31: MOF Técnico Electricista

Cuadro 32: MOF Técnico Mecánico

Cuadro 33: Costo Mano de Obra para Ejecución del Plan MP

Cuadro 34: Actividades de Valor Agregado y Sin VA

Cuadro 35: Diagrama de Operación de Mantenimiento de Pozos (Actual)

Cuadro 36: Procedimiento para Desmontaje y Desplazamiento a taller de Equipo de Bombeo

Cuadro 37: Procedimiento para Mantenimiento y Armado de Tablero Eléctrico

Cuadro 38: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Motor Eléctrico

Cuadro 39: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Linterna (Cabeza de Descarga)

Cuadro 40: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Columnas Exterior

Cuadro 41: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Columnas Interior

Cuadro 42: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Bomba

Cuadro 43: Procedimiento para Armado de Bomba

Cuadro 44: Procedimiento para Montaje de Equipo de Bombeo

Cuadro 45: % Demora de Procedimientos de Mantenimiento

Cuadro 46: Procedimiento Desmontaje y Desplazamiento a taller de Equipo de Bombeo (Con Mejora)

Cuadro 47: Procedimiento Desmontaje, Mantenimiento, Montaje de Bomba (Con Mejora)

Cuadro 48: Diagrama de Operación de Mantenimiento de Pozos (Con Mejora)

Cuadro 49: Costo Falta de Procesos de Mantenimiento (Con Mejora)

Cuadro 50: Adquisición de Equipos Predictivos

Cuadro 51: Costo Total Fase I

Cuadro 52: Costo Total Fase II

Cuadro 53: Costo Total Fase III

Cuadro 54: Costo Total Fase IV

Cuadro 55: Costo Total Fase V

Cuadro 56: Costo Total Fase VI

Cuadro 57: Costo Total Desarrollo Fases TPM

Cuadro 58: Costo Total Programa de Capacitación

Cuadro 59: Adquisición de Herramientas

Cuadro 60: Rentabilidad con Propuesta TPM

Cuadro 61: Inversión Propuesta TPM

Cuadro 62: Evaluación Económica Financiera – Propuesta Implementación TPM

Cuadro 63:%Disponibilidad con Propuesta de Mejora

Cuadro 64:%Reducción tiempos de Demora con Propuesta de Mejora

Cuadro 65: Resultado Evaluación Económica de Implementar TPM

INTRODUCCION

En la presente investigación se describe el desarrollo de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento del área de pozos basada en el TPM para mejorar la productividad de los equipos de bombeo en la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación y el planteamiento de los objetivos.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación de una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basada en el TPM.

En el Capítulo III, se describe la situación actual de la empresa y se tiene un panorama acerca del rubro de la empresa y sus procesos, además se hace análisis del problema haciendo uso de herramientas como el Ishikawa y Diagrama de Pareto para obtener finalmente el 20% de las causas raíces que origina el 80% de los problemas en el departamento de pozos de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

En el Capítulo IV, se describe el desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos de bombeo de la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A, desarrollo de perfiles de contratación de personal para ejecución del plan de mantenimiento preventivo, desarrollo diagrama de procesos de Mantenimiento, desarrollo de fases para la implementación del TPM y programas de capacitación de personal para la creación de grupos autónomos en el desarrollo de la propuesta TPM.

En el Capítulo V, se describe la evaluación económica financiera de implantar una propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basada en el TPM

En el Capítulo VI, se describe los resultados obtenidos de la propuesta de mejora de gestión de mantenimiento basada en el TPM para saber si la propuesta es rentable

Finalmente se plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente estudio.

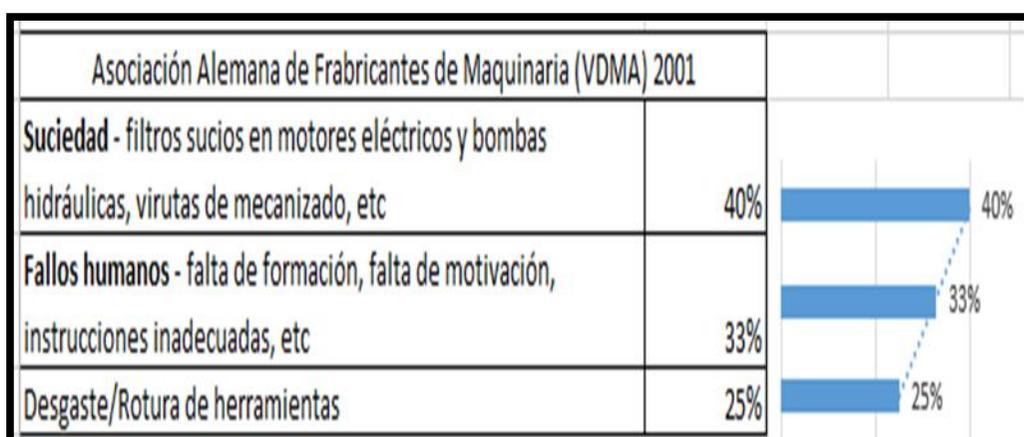
CAPITULO 1
GENERALIDADES DE LA
INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

Actualmente en la mayoría de las empresas netamente industriales y agroindustriales solo realizan actividades de mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo y no existe un lazo bien definido entre los problemas cotidianos a causa de paro de máquinas por cuestiones de falla de equipo y las acciones tomadas para la eliminación de dichos problemas. Entrando en sí a las cuestiones de falla de equipo, actualmente es muy difícil saber cuánto tiempo tomará la corrección de los mismos problemas, ya que depende de la habilidad del técnico de equipo y de la clase de problema, esto es porque no está definida una filosofía o metodología sistemática para la corrección de fallas. Son pocas las empresas que tienen o están implementando metodologías de mantenimiento productivo total (TPM), es decir, son una gran mayoría las empresas que no cuentan con un método de mejora sistemática de equipo que vaya más allá de la reparación y restauración y que elimine los problemas crónicos relacionados con equipo.

A nivel mundial existen estadísticas, como las proporcionadas por la VDMA (Asociación Alemana de Fabricantes de Maquinaria) en 2001, que señalan la suciedad como causa origen principal de las averías por la falta de la implantación como medida primordial de un modelo TPM:

Gráfico N°01: Principales factores que causan las averías de maquinarias



Fuente: VDMA (2001)

Como se distingue en la Figura N°01, la no implementación o la inexistencia de metodologías como el TPM propician que estas causales de averías de maquinaria sigan ocurriendo, puesto que dentro de las premisas del TPM es mantener los equipos en disposición siempre que se requiera, cabe destacar que aquí resalta la limpieza de las maquinarias que como se distingue en la Figura N°01 la falta de ello es la causa del 40% de las fallas de la maquinaria.

En la mayoría de las empresas a nivel mundial los costos de mantenimiento de los equipos y maquinarias representan entre el 15% y 40% de los costos totales de manufactura, por otro lado, las reparaciones por emergencia cuestan por lo menos 3 veces más que si las mismas reparaciones hubieran sido planeadas (Escandon, 2015).

A nivel nacional se trae al presente un caso problemático relacionado a las excesivas cantidades de averías que presentaban las maquinarias de la empresa Global Alimentos del Grupo Alicorp, tal como se evidencia en el siguiente gráfico, mostrándose el tiempo requerido (horas) para reparar las averías solucionadas por mantenimiento durante el año 2012 (estos datos sólo correspondían a las paradas registradas por el personal de mantenimiento).

Gráfico N°02: Disponibilidad de las Maquinarias de la empresa Global Alimentos

Meses	Horas totales	Horas paradas por mantenimiento	Horas de parada por demoras	Horas de parada por Control de calidad	Disponibilidad
ene-12	648	10.5	50.5	4.5	89.89%
feb-12	576	22.45	51	1.5	86.99%
mar-12	624	69	77	4.5	75.88%
abr-12	624	13.46	54	3	88.71%
may-12	648	49.5	53	2.5	83.80%
jun-12	600	97	55	4	74.00%
jul-12	648	16.28	59	3.5	87.84%
ago-12	648	53.28	61	3.5	81.82%
sep-12	600	28.45	57	4	85.09%
oct-12	648	37.7	55	5	84.92%
nov-12	624	33.5	57	4.5	84.78%
dic-12	624	288	79	6.5	40.14%
Promedio					80.32%

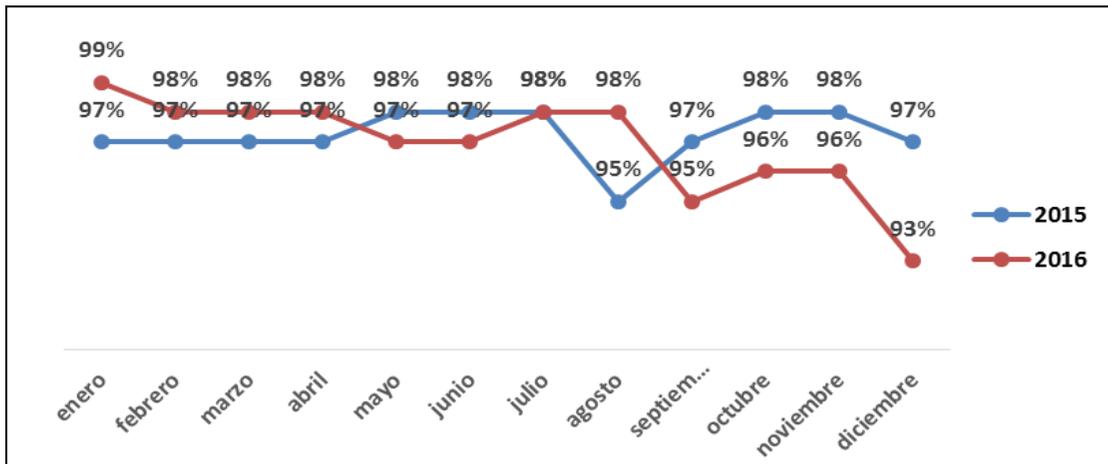
Fuente: Layme (2014)

El escenario observable en la Grafico N°02, podría ser atribuible a la falta de gestión de mantenimiento, es decir no se concibe una cultura corporativa que nazca de la implementación de una metodología exclusivamente encargada de la eliminación de las pérdidas producidas por las fallas anteriormente descritas. Estas eventualidades negativas no son ajenas a las empresas o industrias locales, un claro ejemplo de ello es la Factoría Industrial SAC, empresa metalmeccánica dedicada al mantenimiento, soldadura, fabricación de piezas y partes en general para la industria minera, agro, de transporte, cuyo problema principal son las paradas inoportunas de las máquinas de producción en el área de máquinas y herramientas y por consiguiente deteriora el tiempo de vida útil de los mismos, ello a causa de una mala gestión de mantenimiento, evidenciada en la inexistencia de un cronograma histórico de mantenimiento donde se detallen las inspecciones para evaluar las máquinas con el fin de detectar posibles averías en la misma. A consecuencia de dicha situación, lo activos se vieron afectados cada año, ya que los ingresos netos que estos poseen son de un promedio de S/. 3,550,318.77 anual, los que se han visto disminuidos debido a la paralización y/o no uso de los equipos oportunamente, aumentando los egresos en mano de obra extra, productos y otros gastos de gestión.

Esta clase de problemas está afectando a la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A., sociedad dedicada al cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar, así como a la comercialización de los productos y sub productos derivados de su actividad principal, como azúcar (blanca, refinada y rubia), alcoholes, melaza, fibra de bagazo, etc. Actualmente cuenta con 12,337 hectáreas de las cuales solo 7,831 de ellas son aptas para el cultivo de caña de azúcar.

El principal problema de la empresa surge por la inadecuada gestión de mantenimiento que actualmente sufre el área de pozos y en gran medida está afectando la productividad de las maquinarias, esto explicable por la orientación al mantenimiento correctivo y la falta de un enfoque al mantenimiento autónomo, viéndose ello evidenciado en las siguientes estadísticas de disponibilidad comparativas entre el año 2015 y 2016, habiendo disminuido de 97,25% a 96,92% respectivamente.

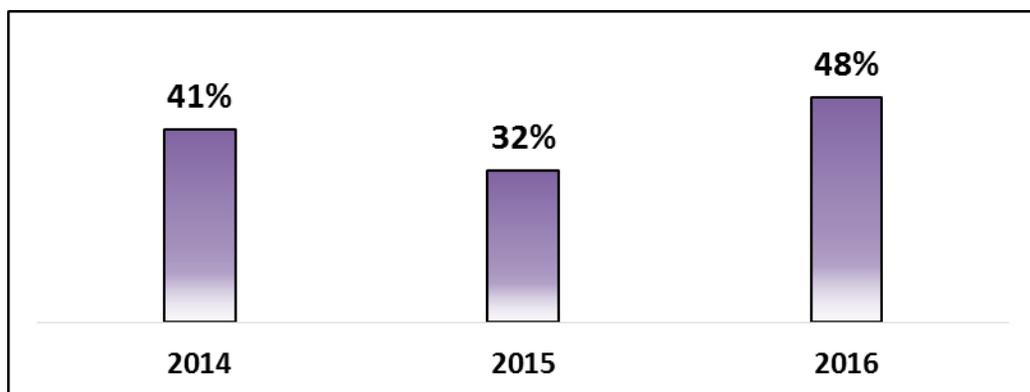
Gráfico N°03: Disponibilidad promedio de los pozos (2015 vs 2016)



Fuente: Elaboración propia

Así mismo se evidencia el notable retraso de los pedidos de los materiales, lubricantes y repuestos necesarios para llevar a cabo el mantenimiento, verificándose que en promedio el 40% de los pedidos son abastecidos con un mes de retraso, tal como se evidencia en el siguiente gráfico.

Gráfico N°04. Tendencia del porcentaje de pedidos de materiales, lubricantes o repuestos para el mantenimiento con más de 1 mes de retraso.



Fuente: Elaboración propia

Se agrava la situación, toda vez que existe una déficit gestión de la determinación del personal necesario para llevar a cabo las tareas de mantenimiento, explicable en que desde el año 2011 a la fecha, la empresa ha venido adquiriendo y aumentando la cantidad de maquinarias necesarias para esa área, sin embargo no pasó lo mismo con el personal, con más exactitud

ello puede describirse en que anteriormente se tuvieron 60 pozos, 1 suministro eléctrico, 2 estaciones de goteo y 4 plantas de rebombeo; lo que a la fecha ha aumentado a 6 suministros eléctricos, 2 pivotes, 8 estaciones de goteo, 9 plantas de rebombeo y los 95 pozos tubulares, cuya cantidad de trabajadores era y sigue siendo de 12, cantidad escasa para suplir las labores de dicha área dado que estos no se abastecen para dar soporte a los 95 pozos.

Se le suma a la problemática antes precisada, la inexistencia de políticas de calidad en la adquisición de los repuestos maquinaria, siendo estos de origen chino, que como es bien sabido su calidad tiene una dudosa reputación, esto se puede evidenciar en que para el mantenimiento de bombas chinas se habían requeridos ejes para su cambio o reemplazo y resulta que han llegado con fallas en las roscas, lo que impedía las uniones, así mismo un 50% de componentes o repuestos estaban averiados o con fallas; otro como implicancia de la calidad de los repuestos o maquinaria, se deriva la cualidad negativa de mayor susceptibilidad a la corrosión y desgaste, ocasionando que el 99% de los pedidos sean entregados a destiempo con una desviación promedio de 5 meses, hecho que refleja la baja productividad de estas maquinarias; si bien es cierto este problema es muy sabido por la empresa, aun no se disponen de medidas para mitigar ello, esto se puede corroborar ya que a la fecha no hay procedimientos establecidos para realizar las tareas como un hoja de ruta de los mantenimientos de bombas, motores, tableros o transformadores.

Como consecuencia de la situación antes mencionada, se viene presentando una pérdida total ascendente a S/. 1, 263,243.783 Nuevos Soles, en el periodo 2016, deducibles de la producción pérdida y la asignación respectiva de los costos de producción (Anexo 1).

Gráfico N°05: Pérdidas generadas por déficit hídrico, durante el periodo 2016.



Fuente: Anexo 1

Ante la problemática presentada se hace necesario aplicar una metodología de mantenimiento que garantice la articulación de los procesos de producción con el de mantenimiento, de tal forma que se garantice la operatividad de los pozos.

1.2 Formulación del Problema

- ¿Cuál es el impacto de la propuesta de gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en el TPM sobre la productividad de los equipos de bombeo de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.?

1.3 Hipótesis

- La propuesta de mejora de gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en el TPM mejora la productividad de los equipos de bombeo de la Empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar el impacto de la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en el TPM sobre la productividad de los equipos de bombeo de la empresa Agroindustrias San Jacinto S. A. A.

1.4.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de la gestión de mantenimiento en el área de pozos.
- Elaborar una propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en la metodología TPM.
- Demostrar el impacto económico de la propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en la productividad al comparar el estado inicial con el proyectado.

1.5 Justificación.

- **Justificación aplicativa o práctica**

La presente investigación es justificable en la medida que es conveniente para la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A., dado que la mejora de la gestión de mantenimiento permitirá el aumento de la productividad de su equipo de bombeo y por ende el incremento del beneficio económico de la empresa.

En consideración de lo anterior, la investigación tendrá un impacto social, puesto que en la medida que se garantizaría el funcionamiento óptimo de los equipos de bombeo, al mismo tiempo incidirá en la salud de los trabajadores, dado que se van a evitar los incidentes o accidentes leves o graves que se pudieran suscitar; por otro lado es justificable ambientalmente, puesto que el correcto mantenimiento de la maquinaria evitaría que se genere oxidación y escape de desechos o gases nocivos al ambiente.

Concatenando con lo justificado líneas atrás, se hace manifiesto que la presente también se justifica por el impulso en el uso de la innovación,

reflejado en la aplicación de un TPM que permita maximizar la eficiencia de las tareas de mantenimiento y de producción, repercutiendo así en una mayor productividad del equipo de bombeo.

Finalmente, el resultado de la investigación dará lugar a un material escrito, que podrá ser utilizado como antecedente para futuras investigaciones, que bien podrían ser orientados bajo un diseño pre experimental; así servirá como material de apoyo para diversos estudios.

1.6 Tipo de Investigación

1.6.1 Por la orientación

Aplicada.

1.6.2 Por el diseño

Pre experimental.

1.7 Diseño de la investigación

1.7.1 Localización de la investigación

- **Institución donde se desarrollará el proyecto**

Trabajo de campo: Empresa Agroindustrias San Jacinto S. A. A.

Tareas de gabinete: Universidad Privada del Norte.

- **Distrito, Provincia, Región**

Trujillo, Trujillo, La Libertad.

1.7.2 Alcance

Se enmarca en el ámbito de las ciencias de Ingeniería Industrial en el área de Mantenimiento, específicamente en el mantenimiento productivo total (TPM) a fin de lograr incrementar la productividad.

1.7.3 Duración del proyecto

Cuatro meses

Cuadro N° 01: Duración del proyecto

Fecha de inicio	01 de Setiembre de 2016
Fecha de término	30 de Diciembre de 2016

Fuente: Elaboración propia

1.8 Variables

- Variable independiente: Propuesta de mejora de la Gestión de mantenimiento
- Variable dependiente: Productividad de la empresa Agroindustrias San Jacinto S. A. A.

1.9 Operacionalización de variables

Cuadro N°02: Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Propuesta de Mejora de la Gestión de mantenimiento	Consiste en coordinar, dirigir y organizar los recursos materiales, humanos y flujos de información destinados al correcto funcionamiento, reparación y prolongación de la vida de los equipos disponibles, así mismo es un conjunto de actuaciones orientadas a corregir, mediante la conservación adecuada, el desgaste que por el uso se produce en las instalaciones (equipos productivos, elementos o sistemas).	Conjunto de actividades orientadas a garantizar el funcionamiento óptimo de los equipos de bombeo de los pozos tubulares utilizados para la irrigación de los campos de cultivo de caña de azúcar, en base a la disposición de personal técnico capacitado, así como la planificación de la frecuencias de mantenimiento y la determinación de los recursos monetarios necesarios.	Conocimiento en el uso de la maquinaria	Confiabilidad	$MTBF/(MTBF+MTTR)$
				Disponibilidad	$MTTF/(MTTF+MTTR)$
				Mantenibilidad	$M(t) = 1 - e^{-(\mu t)}$, $\mu = 1/MTTR$
Productividad de la empresa Agroindustrias San Jacinto S. A. A.	Es la relación entre el resultado de una actividad productiva y los medios que han sido necesarios. (Gallego, 2012	Es la relación entre el caudal de agua irrigado por los equipos de bombeo a los campos de cultivo y los recursos utilizados, como el tiempo y los costos desembolsados	Producción	Promedio de Litros de agua por equipo de bombeo	$(N^{\circ} \text{ Total de litros} / N^{\circ} \text{ de equipos de bombeo})$
				Índice de coste de mantenimiento por unidad de producción	$\text{Costo Total de Mantenimiento} / N^{\circ} \text{ de equipos}$
			Recursos utilizados	Índice de coste de mantenimiento por horas hombre	$\text{Costo Total de Mantenimiento} / \text{HH disponibles de mantto.}$
				% de horas de mantenimiento preventivo	$\frac{N^{\circ} \text{ de horas de Mantenimiento preventivo}}{\text{Total de horas de mantenimiento.}} * 100\%$

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2

MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

Puerto (2009) en su tesis titulada “Propuesta de un modelo para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) de primer nivel con aplicación en la industria manufacturera”, presentada a la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, a fin de optar al grado de Especialista en Gerencia de Mantenimiento; en el estudio se presenta ejemplos de actividades que se deben llevar a cabo, para satisfacer la obtención de resultados concretos dentro del marco de la metodología, explicando paso a paso algunos de ellos para garantizar la comprensión. Las herramientas que se exponen, se plantean como un modelo de posible aplicación en la industria manufacturera. Esta propuesta hace énfasis en el control de pérdidas y formula ejemplo de indicadores que pueden ser utilizados para cada meta planteada enfocada en el TPM, como, por ejemplo: productividad, calidad, costo, tiempos de entrega, seguridad, motivación. Entre las conclusiones es de citar a las siguientes: se evidencia una reducción de paros por fallas de máquina, lo cual originaba menores tiempos de producción, disminuyendo la productividad y aumentando los costos; otros indicadores utilizados, relacionados con costos, fueron: reducción de horas de mantenimiento, reducción de costes de mantenimiento, reducción de costos unitarios de producción (de \$11320.98 hasta \$6811.27) y ahorro de energía, con esta y otras mejoras a nivel de calidad se lograron ahorros sustanciales y se disminuyeron gastos innecesarios; así mismo se concluye que el desarrollo de las actividades de los doce pasos del TPM de primer nivel, satisface de manera metodológica la obtención de resultados significativos en las empresas interesadas en incorporar el sistema de gestión integral.

Morales (2012) en su tesis titulada “Implanto un programa de mantenimiento productivo total (TPM) al taller automotriz del I. Municipio e Riobamba, Ecuador”, cuyo objetivo fue lograr que el área obtenga una cultura enfocada a la mejora continua mediante el TPM de esta manera lograríamos alargar la vida útil de los equipos, evitaríamos los tiempos de paro y la aplicación de la metodología 5S, obtuvo como resultado un cambio de imagen en las instalaciones, un cambio de mentalidad en los trabajadores y la alta disponibilidad de la flota vehicular siguiendo los nuevos lineamientos en la

gestión del mantenimiento, controlando de mejor manera la bodega de repuestos, las herramientas, el cuidado del personal y el ambiente; incrementando su productividad.

Galván (2012) en su tesis titulada “Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales”, presentada a la Universidad Nacional Autónoma de México, a fin de optar al grado Maestría en Ingeniería; en la investigación se evalúa la implementación del proyecto TPM, desde la perspectiva financiera utilizando la metodología de opciones reales, para lo cual se determinaron las variables principales implicadas, teniendo en cuenta las características de la empresa y su situación en el mercado; en complemento se utiliza el método binomial; finalmente, según la situación de la empresa y la estrategia base, se plantean las opciones de “diferir” y “abandonar” a fin de tomar la decisión más conveniente. Las conclusiones del estudio

[...] en términos generales, arrojan un camino hacia una oportunidad de desarrollo e innovación para las empresas, ya sean pequeñas, medianas o grandes. Ésta oportunidad es analizada con una perspectiva fijada en el valor tangible y el intangible, demostrando que el proyecto TPM tiene un gran valor monetario e intangible, reflejo de los diversos problemas que busca resolver en la empresa, de la flexibilidad y adaptación hacia el proceso. (p. v).

2.2 Base Teórica

2.2.1 Equipos de bombeo de las empresas agroindustriales

Componentes

De acuerdo con el Ministerio de Desarrollo Económico (1999) un equipo de bombeo presenta los siguientes componentes:

La Bomba

La bomba es un dispositivo mecánico que se utiliza para llevar o desplazar el agua de un sitio a otro. No desarrolla ninguna energía propia, solo transfiere la fuerza de una fuente de energía para poner el agua o el líquido en movimiento.

El Motor

El motor es un equipo que transforma la energía eléctrica o de combustión en energía mecánica. Hace girar la bomba a su misma velocidad.

Tipos de bombas

En los pozos profundos se utilizan dos tipos de bombas.

- ✓ Sumergibles
- ✓ Turbinas de eje vertical

Las bombas sumergibles están acopladas directamente al motor y todo el conjunto funciona sumergido en el agua dentro del pozo; entre tanto que la turbina de eje vertical tiene el motor en la superficie del terreno y la transmisión de energía es por medio de ejes verticales.

Para el caso de la presente investigación, es de orientarse a las bombas turbinas; esta, está diseñada principalmente para descargar altos caudales (mayores de 30 lt/seg) y producir altas presiones. Aunque no se recomienda instalar a profundidades mayores de 70 m dado su alto costo y lo dispendioso de su montaje y mantenimiento.

Partes principales de una bomba

La bomba de pozo profundo está constituida por un cuerpo de tazones que tiene en su interior unos impulsores acoplados entre sí por medio de un eje. Los impulsores pueden ser cerrados o semiabiertos y son los encargados de elevar el agua cuando giran a una velocidad determinada.

La bomba puede tener uno o varios tazones dependiendo del caudal a extraer, la altura o carga dinámica total y la velocidad de trabajo. En sí, un cuerpo de tazones o la bomba propiamente dicha es la que se acopla a un motor eléctrico sumergible o a un motor eléctrico o de combustión interna en la superficie. La diferencia está en los acoples al motor y los accesorios adicionales que tiene la turbina de eje vertical al estar el motor en la superficie del terreno.

Cuerpo de tazones

Un cuerpo de tazones está compuesto por partes móviles y partes fijas.

- ✓ Partes móviles: Impulsores y ejes
- ✓ Partes fijas: Tazones, bujes, anillos de fricción, cojinetes y sellos.

En el cuerpo de tazones de una turbina de eje vertical se identifican tres elementos:

- ✓ Tazón de succión. Induce el flujo hacia los impulsores
- ✓ Tazones intermedios. Contienen los impulsores
- ✓ Tazón de descarga. Conduce el agua a la tubería de descarga.
- ✓ Impulsores.
- ✓ Los impulsores tienen dos características propias:
 - ✓ Caudal que es capaz de impulsar.
 - ✓ Presión que le puede suministrar a este caudal.

El número de tazones intermedios o impulsores tiene incidencia sobre la presión, pero no sobre el caudal. El caudal a bombear está determinado por el diámetro del impulsor y la velocidad a la cual va a girar. La presión total disponible está determinada por el número de impulsores.

Los tazones son construidos en hierro fundido, los impulsores en bronce, el eje en acero inoxidable y los bujes, anillos y cojinetes en bronce.

La bomba sumergible no tiene tazón de succión ni de descarga, el agua entra por la rejilla de admisión que se instala entre la bomba y el motor, esta rejilla es de acero inoxidable y está diseñada para permitir la entrada del agua que produzca la bomba. Tiene en su parte inferior un acople en acero inoxidable para unirlo al motor sumergible. Por encima del impulsor superior se conecta mediante rosca a la tubería de conducción del agua.

Tubería de conducción o columna

Generalmente es de un diámetro un poco menor o en ocasiones igual al diámetro del cuerpo de tazones. Esta tubería de conducción es simplemente un tubo de acero que conduce el agua hasta la superficie del terreno. Aloja en su parte interior los ejes verticales, en caso de ser una turbina de eje vertical.

Ejes

Las bombas turbinas, a diferencia de las sumergibles, tienen unos elementos que son los encargados de transmitir la potencia desde el motor que se encuentra en la superficie hasta el cuerpo de tazones que funciona sumergido en el agua del pozo. Estos elementos son los ejes y son de acero inoxidable.

Como este eje es continuo verticalmente hasta la superficie y se instala por dentro de la tubería de conducción (columnas) va a estar en contacto con el agua que se bombea. Por esta razón y para evitar un desgaste rápido por arrastre de materiales abrasivos como arena y aguas corrosivas, se les ha diseñado una protección adicional. Existen dos tipos de ejes: Ejes lubricados por aceite y ejes lubricados por agua, también llamadas columnas lubricadas por aceite y columnas lubricadas por agua, porque los ejes van dentro de las columnas o tubos de conducción del agua. Al conjunto tubo y eje se llama "Columna".

Cabezal de descarga.

Este elemento tiene la función de soportar toda la tubería de conducción o columnas de descarga y el cuerpo de tazones. Es construido en hierro gris fundido y además produce el cambio de dirección del agua bombeada de vertical a horizontal. Es la parte visible de una bomba de pozo profundo sobre la cual se acopla el motor eléctrico vertical o en su ausencia un engranaje de transmisión en ángulo recto. Este cabezal se apoya en la base de concreto del pozo y es de eje hueco para permitir el paso del eje de la bomba a través de su cuerpo. Este eje se acopla encima del engranaje del motor por

medio de una cuña y una tuerca tensara que permite graduar la posición de los impulsores dentro de los tazones.

Engranaje de transmisión en ángulo recto.

Transmite la potencia del motor pasándola del sentido horizontal al vertical que es como lo requiere la bomba. Son de eje hueco y el acople entre el eje de la bomba y el eje del motor se hace mediante piñones. El engranaje se acopla al motor por medio de un Cardán.

Motores de superficie

Los motores eléctricos verticales se acoplan directamente al cabezal de descarga, son muy eficientes y silenciosos razón por la cual son los más recomendables a instalar con este tipo de bombas en pozos abastecimiento público. Los motores horizontales son también muy eficientes, pero son más ruidosos por su unión cardánica y engranaje de piñones, además necesita de un elemento adicional, el engranaje, que tiene un costo alto y requiere de mantenimiento.

Sistema eléctrico.

Está compuesto básicamente por el arrancador que es del tipo estrella triángulo provisto con todas las protecciones necesarias. La única protección adicional e importante es un relé eléctrico contra inversión de giro y marcha en dos fases, que es el problema más común que presentan los motores eléctricos de superficie.

2.2.2 Gestión de mantenimiento

Mantenimiento

Es el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicios durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las Máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba.

Empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la Primera Guerra Mundial, y sobre todo, de la Segunda aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento donde se busca aumentar y viabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes. (García, 2010)

El mantenimiento también se puede definir de muy distintas formas, atendiendo al enfoque que se le dé en cada caso. Incluso resulta insuficiente, hoy en día, pretender una definición basada simplemente en términos económicos. Resulta obvio que el punto de partida del mantenimiento es mantener el correcto desarrollo de este principio elemental pueden tener sobrepasan ampliamente inicial.

La mejora de las condiciones funcionales de los equipos directamente en la seguridad de las instalaciones y, por tanto, en la disminución de los riesgos laborales. Por otra parte, un funcionamiento óptimo de la maquinaria redundante en una disminución de los niveles de vibración y de ruido. Lo que contribuye a mejorar las condiciones del ambiente de trabajo. Además obtener el máximo aprovechamiento de la vida útil de cualquier instalación, así como de cualquiera de los elementos de la misma, puede también considerarse, así como de cualquiera de los elementos de la misma, puede también considerarse como una aportación, nada desdeñable, a un desarrollo industrial sostenible, y consecuentemente con una repercusión positiva en la mejora del medio ambiente, por cuanto el aprovechamiento óptimo de los recursos, conduce en -términos globales- a una disminución del consumo energético y a una reducción del volumen de desechos industriales.

Objetivos del mantenimiento:

Prevenir o disminuir el riesgo de fallas

Busca bajar la frecuencia de fallas y/o disminuir sus consecuencias (incluyendo todas sus posibilidades). Esta es una de las visiones más básicas del mantenimiento y en muchas ocasiones es el único motor que mueve las estrategias de mantenimiento de algunas empresas, olvidándose de otros elementos de interés nombrados abajo.

Recuperar el desempeño

Con el uso de los equipos el desempeño se puede ver deteriorado por dos factores principales: Pérdida de capacidad de producción y/o aumento de costos de operación. Grandes ahorros se han logrado al usar éste como gatillo para el mantenimiento, ya que a veces este factor es de dimensiones mayores a las fallas a evitar, ejemplos típicos incluyen: Cambios de filtros de gas, aceite, lavado de compresores axiales, etc.

Aumentar la vida útil/ diferir inversiones

La vida útil de algunos activos se ve seriamente afectada por la frecuencia/calidad del mantenimiento. Por otra parte, se pueden diferir grandes inversiones, como por ejemplo reconstrucciones de equipos mayores. Encontrar el punto exacto de máximo beneficio económico es de suma importancia aquí. A modo de ejemplo la frecuencia con la cual se hace mantenimiento mayor de una turbina a gas se ve influenciada por la frecuencia de paradas de la misma.

Factor brillo

La imagen pública, aspectos estéticos de bienes, la moral de los trabajadores, etc. Son factores importantes a la hora de elegir tareas e intervalos de mantenimiento. Por ejemplo, la pintura de una fachada de edificio: el intervalo entre pintadas es modulado más por la apariencia, que por el deterioro de la estructura por baja protección. (Gomez, 1998).

De lo anterior es de inferir que el mantenimiento permite asegurar que los activos se desempeñen en las condiciones deseadas, esto a través de trabajos necesarios que aseguren el buen funcionamiento de las instalaciones evitando así averías repercutiendo en la productividad.

Tipos de Mantenimiento

Tradicionalmente, se han distinguido cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen; al respecto, García (2010) precisa los siguientes:

Mantenimiento correctivo: Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

Mantenimiento preventivo: Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las correcciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno.

Mantenimiento predictivo: Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

Mantenimiento cero horas: Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a *ceros horas* de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan

todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Mantenimiento en uso: es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (*Total Productive Maintenance*, Mantenimiento Productivo Total).

Gestión de mantenimiento

Se define como el conjunto de procesos, comportamiento y herramientas que se emplean para garantizar que la organización realiza todas las tareas necesarias para alcanzar sus objetivos. De esta manera el sistema de gestión de mantenimiento es un mecanismo muy valioso para asegurar que los principios de planificación total del ciclo de vida, gestión de riesgo, costo/beneficio, enfoque al cliente, sustentabilidad, etc. Sean realmente implementados dentro del trabajo diario de implementación de proyectos de capital, operaciones, mantenimiento, etc. Sistema de gestión también refiere la manera en que se especifican, controlan las prácticas requeridas para cumplir con los planes organizacionales, normalmente se basan en círculo de calidad (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar). Con una mejora en el sistema de gestión de mantenimiento logramos incrementar. (Duffuaa, 2000)

También es de entender que, en la gestión de mantenimiento lo que se trata es de optimizar los recursos que se emplean. En estos casos, Producción y Mantenimiento son dos elementos igualmente importantes del proceso productivo, dos ruedas del mismo carro. Un carro que, por cierto, tiene más ruedas: Ingeniería, Compras, Calidad, Administración, Para que la organización funcione es necesario que funcionen todos sus departamentos, cada una de sus áreas, Podríamos decir incluso que la eficiencia de una organización está

determinada por el departamento que peor funcione. De nada sirve una empresa en la que el departamento de calidad es estupendo si el departamento comercial no consigue colocar en el mercado el producto o servicio; de poco sirve, igualmente que el departamento de mantenimiento sea excelente si la producción está pésima organizada y viceversa. - Por tanto, en entornos en los que el mantenimiento se gestiona, podemos decir que Producción no es el cliente de Mantenimiento.

Importancia de la gestión de mantenimiento

De acuerdo con García (2010), precisa las siguientes razones por la que se debe gestionar el mantenimiento:

- 1) Porque la competencia obliga a rebajar costes. Por tanto, es necesario optimizar el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada planta; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que dediquemos la mayor parte de los recursos a aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.
- 2) Porque ha aparecido multitud de técnicas que es necesario analizar, para estudiar si su implantación supondría una mejora en los resultados de la empresa, y para estudiar también cómo desarrollarlas, en el caso de que pudieran ser de aplicación.
- 3) Porque los departamentos necesitan estrategias, directrices a aplicar, que sean acordes con los objetivos planteados por la dirección.
- 4) Porque la calidad, la seguridad y las interrelaciones con el medio ambiente son aspectos que han tomado una extraordinaria

importancia en la gestión industrial. Es necesario gestionar estos aspectos para incluirlos en las formas de trabajo de los departamentos de mantenimiento. - Por todas estas razones, es necesario definir políticas, formas de actuación, es necesario definir objetivos y valorar su cumplimiento, e identificar oportunidades de mejora. En definitiva, es necesario gestionar mantenimiento.

La gestión de mantenimiento basado en el TPM

De acuerdo con Gómez (2001), quien indica que:

El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos. La organización japonesa JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) ha desarrollado las metodologías y conceptos del TPM. Desde los años sesenta ha trabajado en la promoción de modelos de mantenimiento eficiente y aplicable a todo tipo de industria. (p. 3)

El JIPM define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- Cero accidentes.
- Cero defectos.
- Cero averías.
- Cero pérdidas.

El autor resalta que, estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente; en la que no solo deben participar las áreas productivas, sino que se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas de todas las áreas de la empresa. (Gómez, 2001)

Pilares del TPM

El modelo original TPM, propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma

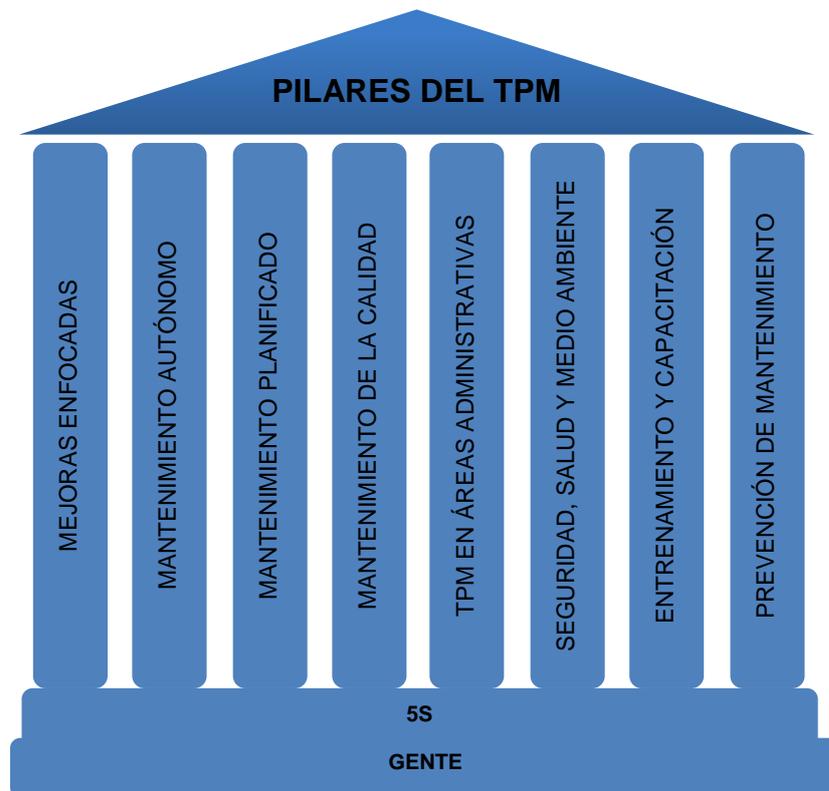
gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.

Díaz (2008), señala que:

El JIPM ha denominado "pilares" a los procesos fundamentales del TPM, éstos cumplen una función específica. Es liderado por responsables de diferentes áreas de la empresa, permite involucrar a todos los empleados, posee una metodología específica y entre ellos mantienen una coherencia de actuación. Los pilares que una empresa puede implantar dependen de cada fábrica, grado de desarrollo tecnológico, estado del equipo, nivel de formación del personal y otros criterios. (p. 27).

Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son (Ver Figura N°06):

Gráfico N° 06. Pilares, procesos fundamentales, del TPM.



Fuente: Díaz (2008), elaboración propia.

Cabe resaltar que, los ocho pilares son una referencia orientativa propuesta por el JIPM que cada empresa tendrá que adaptar a sus

necesidades hasta el punto de modificar el número e incluso crear nuevos pilares, acordes a la realidad de ésta.

Objetivos del TPM

Cuatrecasas y Torrell (2010), indican en su publicación que, según Ichizoh Takagi, miembro del JIPM, el TPM incluye los siguientes cinco objetivos.

- Participación de todo el personal desde la alta dirección hasta los operarios de planta.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficiencia en el sistema de producción y gestión de equipos. Es lo que se da a conocer como objetivo: Eficiencia Global= Producción + Gestión de equipos.
- Implantación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de pérdidas antes que se produzcan.
- Implantación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión a todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

El TPM alcanza y enfatiza otros aspectos como son: participación de todo el personal de la planta, eficacia total, sistema total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección, y la prevención. (Cuatrecasas y Torrell, 2010)

- Participación total del personal, es decir:
 - Implicación total de la dirección.
 - Trabajo en equipo: grupos multidisciplinarios.
 - Colaboración interdepartamental.

- Estrecha cooperación entre operarios, así correspondan a diferentes áreas de trabajo.
- Orientación a mejora de proceso y no a resultados de departamento. (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 33)
- Sistema total de gestión del mantenimiento:
 - Diseño robusto y orientado a hacerlo accesible a mantenimiento.
 - Mantenimiento correctivo eficaz: registros, recambios y documentación. (Cuatrecasas y Torrell, 2010, p. 34)

Pasos para la implementación del TPM

Es necesario decir que el programa y planificación para desarrollar un proyecto TPM en una industria debe ser el apropiado para el tipo de actividad, equipos de producción en cuanto a tipo y estado, así como los problemas que se desean afrontar.

En su informe de investigación, Álvarez (2012) menciona que:

La implantación (puesta en marcha) del TPM se fundamenta en el aprendizaje a través de líneas piloto. Cada experiencia piloto es seguida en profundidad para identificar la mayor cantidad de conocimiento en su avance y este conocimiento se registra en un manual de línea piloto para ser utilizado en el despliegue a otras líneas. (p. 14)

En su publicación, Rey (2001) asegura que son necesarios unos 5 años para implantar y desarrollar el TPM en una compañía con cierta complejidad en su actividad y organización. Por su parte, Silva (2005) afirma que podría llevar de 2 a 3 años ejecutar los 12 pasos considerados para la implementación de ésta estrategia de mejora.

Así mismo, Silva (2005) indica que para la implementación de la fase preparatoria del TPM en una empresa, se ha estimado una media de 3 a 6 meses. Mientras que, Rey (2001) afirma, según su experiencia, que ésta primera fase puede durar de 6 a 12 meses.

A continuación, en la Tabla N°01, se presentan las etapas (casi universales según la metodología japonesa) que toda empresa ha de seguir para la implementación del TPM.

Cuadro N°03: Los 12 pasos para la Implementación de un Programa TPM

FASES	PASOS	CONTENIDO
PREPARACIÓN	1. Decisión de la dirección de aplicar el TPM como proyecto de empresa.	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Medios de difusión de la empresa.
	2. Campaña de información, formación técnica.	- Estrategia a presentar en el comité de dirección. - Medios de difusión de la empresa.
	3. Crear la estructura de animación y pilotaje del TPM.	- Comisiones animadoras. - Grupos de trabajo.
	4. Diagnóstico de la situación de partida. Indicadores de progreso técnicos, organización.	- Banco de datos de valores técnico-económicos. - Encuestas de la organización.
	5. Redacción de un plan tipo. Elaborar un programa. Líneas de acción/objetivos	- Redacción global y detallada. - Planificación.
DESARROLLO	6. Lanzamiento	- Datos de partida/presentación plan tipo. Aspectos formales. - Desarrollo de las 5S.
	7. Implantación de mejora continúa en los sistemas-procesos.	- Análisis de disfuncionamientos. Máquinas cuello de botella. - Grupos de fiabilización.
	8. Desarrollo del automantenimiento.	- Gestión específica. Formación.
	9. Desarrollo del mantenimiento programado.	- Mejora de la gestión y organización del mantenimiento programado. - Formación. Grupos de fiabilización. - Máquinas típicas.
OPTIMIZACIÓN	10. Formación del equipo humano en los métodos y experiencias del mantenimiento global.	- Entrevistas, evaluación de competencias. - Contrato de formación, cursos.
	11. Integrar el TPM en los sistemas de gestión, diseño y construcción de nuevos equipos.	- Documentación técnica. - Máquinas típicas. - Grupos de fiabilización.
	12. Certificar la aplicación TPM.	- Auditar, definir nuevos objetivos. - Mejorar la formación.

Fuente: Rey (2001). Elaboración propia.

2.2.3 Productividad

De acuerdo con Gonzalo (2009), se define normalmente como la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. También puede ser definida como la relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos: cuanto menor sea el tiempo que lleve obtener el resultado deseado, más productivo es el sistema.

Por su parte Schroeder (1992), define a la productividad como, “la relación que existe entre los insumos y los productos de un sistema productivo, a menudo es conveniente medir esta relación como el cociente de la producción entre los insumos. “Mayor producción, mismos insumos, la productividad mejora” o también se tiene que “Menor número de insumos para misma producción, productividad mejora”.

Medición de la productividad

De acuerdo con Lefcovich (2012), la productividad en un proceso productivo se resume a la relación entre los Outputs e Inputs, es decir, puede ser medida entre la relación de la cantidad producida de una determinada unidad de producción con las horas de trabajo necesarias para producir dicha unidad de producción.

La definición anterior de Productividad se plasma en la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \text{outputs/inputs}$$

Fórmula 2.1

Para el caso de la Presente investigación es factible representar la productividad en base a la relación de caudal sobre los recursos utilizados, los cuales pueden ser la inversión o costos acarreados para el mantenimiento y el tiempo invertido en el mantenimiento.

Factores que inciden en la productividad

De acuerdo con Carballo basado en un trabajo de Pérez y Duque (2005) citado por Márquez y Morales (2010) entre los factores que inciden en la productividad de todo proceso es factible clasificarlos en:

1) Internos: Estos a su vez se clasifican en: duros, y blandos:

a) Duros: Referidos a los factores tangible, visibles, palpables, se relacionan esencialmente con la tecnología, tales como:

- ✓ Producto
- ✓ Planta y equipo
- ✓ Materiales y energía

Como bien se mencionó estos factores se relaciona con el uso de la tecnología, es decir son el resultado de la innovación tecnológica constituye una fuente importante de aumento de la productividad. Se puede lograr un mayor volumen de bienes y servicios, un perfeccionamiento de la calidad, la introducción de nuevos métodos de comercialización, entre otros, mediante una mayor automatización y tecnología de la información. La automatización puede asimismo mejorar la manipulación de los materiales, el almacenamiento, los sistemas de comunicación y el control de la calidad.

Con respecto a la planta y equipo; estos elementos desempeñan un papel central en todo programa de mejoramiento de la productividad mediante: un buen mantenimiento; el funcionamiento de la planta y el equipo en condiciones óptimas; el aumento de la capacidad de la planta mediante la eliminación de los estrangulamientos y la adopción de medidas correctivas; y, la reducción del tiempo parado y el incremento del uso eficaz de las máquinas y capacidades de la planta disponibles.

En cuanto a los materiales pueden lograrse importantes incrementos en la productividad mediante:

- ✓ La mejora en el rendimiento del material: producción de productos útiles o de energía por unidad de material utilizado. Dependiendo ello de la selección adecuada del material correcto, su calidad, el control del proceso y el control de los productos rechazados.
- ✓ Uso y control de desechos y sobras.
- ✓ Mejoramiento de la gestión de existencias para evitar que se mantengan reservar excesivas.
- ✓ Mejoramiento del índice de rotación de las existencias para liberar fondos vinculados a las existencias con el fin de destinarlos a usos más productivos.
- ✓ Empleo de materiales sustitutos.
- ✓ Perfeccionamiento de los materiales mediante la Investigación & Desarrollo.

b) Blandos: Referidos a los aspectos intangibles y se relacionan esencialmente con la orientación de la mejora continua de la productividad.

- ✓ Personas
- ✓ Organización y sistemas
- ✓ Métodos de trabajo
- ✓ Estilos de dirección

En cuanto a los factores blandos, la correcta gestión del personal toma especial trascendencia como recurso clave en las empresas competitivas del presente y del futuro. La capacitación, el entrenamiento, la motivación e incentivos, la participación y la calidad de vida laboral son fundamentales. La continuidad del personal, expresado en un menor índice de rotación hacen factible una continuidad en la curva de aprendizaje (contribuyendo ello con la curva de experiencia) y la formación de conocimientos tácitos, los cuales

generan a través de una óptima gestión de los recursos humanos una ventaja competitiva difícil de imitación por parte de los competidores.

El mejoramiento de los sistemas de trabajo, un mejor estilo de dirección (gestión), acompañados de sistemas de información y estructuras organizacionales de alta eficiencia, permite altos niveles de rendimiento.

Hoy la flexibilidad y polivalencia de los trabajadores, su capacidad para trabajar en equipos, su capital intelectual (conocimientos + experiencias + actitud) conforman un arma esencial para hacer factible mayores niveles de productividad acompañados de mejores performances en materia de calidad y satisfacción del cliente y/o consumidor.

La cita anterior permite tener un enfoque global de los diferentes factores paralelos que inciden en la productividad de una empresa y que en todo caso garantizan un enfoque dinámico de la relación entre las variables objeto de estudio, para el caso, la gestión del mantenimiento y la productividad, siendo que, el mantenimiento de acuerdo con la clasificación citada es un factor duro, relacionado con la planta y equipo

2) Externos: En cuanto a los factores externos se tienen los siguientes:

a) Ajustes estructurales

- ✓ Económicos
- ✓ Demográficos y sociales

b) Recursos naturales

- ✓ Mano de Obra
- ✓ Tierra
- ✓ Energía
- ✓ Materias Primas

c) Administración pública e infraestructura

- ✓ Mecanismos Institucionales
- ✓ Políticas y estrategias
- ✓ Infraestructura
- ✓ Empresas Públicas

En cuanto a los factores externos éstos deben ser tomados en consideración a los efectos de analizar la posibilidad de reducir su incidencia mediante la acción de la empresa como tal o bien y por sobre todas las opciones, actuando conjuntamente a través de organismos u organizaciones sociales – políticas – profesionales y económicas. De tal forma podrán solicitarse cambios normativos, reglamentaciones, protecciones arancelarias, la realización de obras públicas entre muchas otras.

2.3 Definición de Términos

- **Ciclo de Vida:** Plazo de tiempo durante el cual un Ítem conserva su capacidad de utilización. El periodo va desde su compra hasta que es substituido o es objeto de restauración.
- **Confiabilidad:** Es la probabilidad de que un equipo cumpla una misión específica bajo condiciones de uso determinadas en un período determinado. El estudio de confiabilidad es el estudio de fallos de un equipo o componente.
- **Defecto:** Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.
- **Disponibilidad / Availability:** La disponibilidad es una función que permite calcular el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado. La disponibilidad de un Ítem no implica necesariamente que esté funcionando, sino que se encuentra en condiciones de funcionar.
- **Lubricación:** Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde se realizan adiciones, cambios, y análisis de lubricantes.

- **Mantenimiento correctivo:** Tareas de reparación de equipos o componentes averiados
- **Mantenimiento predictivo:** Tareas de seguimiento del estado y desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o análisis por evaluación estadística, que determinen el punto exacto de su sustitución.
- **Mantenimiento preventivo:** Tareas de inspección, control y conservación de un equipo/componente con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar averías en el mismo.
- **Maquinaria:** conjunto de máquinas que realizan trabajos para una misión o fin.
- **Modo de falla:** Un evento singular que causa una falla funcional.
- **MTBF:** Es el tiempo medio entre fallas.
- **MTTF:** Es el tiempo medio que transcurre para que se produzca una falla funcional.
- **Plan de Mantenimiento:** Relación detallada de las actuaciones de Mantenimiento que necesita un ítem o elemento y de los intervalos temporales con que deben efectuarse.
- **TTF:** Es el tiempo que transcurre para que ocurra una falla funcional.
- **TTR:** Es el tiempo que transcurre para que se haga una reparación.

CAPÍTULO 3
DIAGNÓSTICO DE LA
REALIDAD ACTUAL

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1 Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Agroindustria San Jacinto S.A.A. es una empresa dedicada al cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y de sus derivados; azúcar, alcohol, melaza y bagazo. Está ubicada a 405 km al norte de Lima y a 45 km de la ciudad de Chimbote, en la provincia de Santa, distrito de Nepeña, Región Áncash.

Geográficamente está constituida por siete anexos: San Juan, Motocachy, San José, Cerro Blanco, Capellanía, Huacatambo y La Capilla. Comprende también a la localidad de San Jacinto, cuya población supera actualmente los 10 mil habitantes.

Esta azucarera, con alto potencial de desarrollo, posee una propiedad mayor a las nueve mil hectáreas, de las cuales están cultivadas más de cinco mil, su molienda diaria sobrepasa las 3,200 toneladas y su producción de azúcar supera las 320 toneladas por día.

Gráfica N° 07: Foto de la Empresa



Fuente: La empresa

3.1.2 Datos

Cuadro N° 04: Datos Generales de la Empresa

DATOS DE LA EMPRESA	
Ruc	20116225779
Razón Social	Agroindustrias San Jacinto S.A.A.
Tipo Empresa	Sociedad Anónima Abierta
Condición	Activo
Fecha Inicio Actividades	01/06/1992
Gerente General	Jorge Columbo Rodríguez Rodríguez

Fuente: Elaboración propia

3.1.3 Actividad y Sector Económico

- **Actividad: Elaboración de azúcar**
- **Sector Económico: Comercialización industrial de Azúcar**

3.1.4 Misión y visión

3.1.4.1 Misión

Mantener el liderazgo en cada uno de los mercados en que participamos a través de la producción y comercialización de bienes con marcas que garanticen un valor agregado para nuestros clientes y consumidores.

En la declaración de la misión de la empresa, claramente, se deja notar, la respuesta a la pregunta ¿Cuál es la razón de ser de la empresa?, la respuesta debe estar contenida dentro de la filosofía de negocio, la misma que debe destacar la ventaja competitiva.

No establece la relación con sus trabajadores, con el medio y entorno para su contribución con ella.

3.1.4.2 Visión

Aspiramos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes y consumidores con servicios y productos de la más alta calidad, para ser siempre su mejor opción.

Según se observa la visión de la empresa, no cumple con todos los elementos que debería de contener toda visión, siendo notable destacar el ¿Cómo? y ¿Cuándo? se espera lograr la meta plasmada.

3.1.5 Proveedores

A continuación, se detallan algunos de los proveedores con los que cuenta la empresa:

- a) Pacifico Sur Ingeniería y Servicios
- b) Servicio Técnico Industrial S.A.
- c) Taller Industrial Julca S.A.C.
- d) Servicios Transmet E.I.R.L.
- e) Hidrostal S A
- f) Carbajal Jara Esteban
- g) Oldani Watanabe
- h) Metalúrgico Vulcano S.A.C.
- i) SKF del Perú S A
- j) Importadora de rodamientos SAC
- k) Suministros Industriales S.A.C.
- l) Movimiento activo de carga industrial
- m) Unimaq S.A.
- n) Movitecnica S A
- o) Promotores Eléctricos S A
- p) Sedisa S.A.C.
- q) Linde Gas Perú S.A.

3.1.6 Competidores

- a) Empresa Agroindustrial Pomalca S.A.A.
- b) Agroindustrial Paramonga S.A.A.
- c) Agroindustrial Tuman S.A.A.
- d) Casa Grande S.A.A.
- e) Maple Etanol S.A.A.
- f) Empresa Agraria Azucarera Andahuasi S.A.A.
- g) Empresa Azucarera del Norte S.A.C.

3.1.7 Maquinarias y equipos

Cuenta con un total de 95 pozos, de los cuales 87 están operativos actualmente.

Cuadro Nº 05: Relación de Pozos

Nº EQUIPO	COD. EQUIPO	POZO/ESTACIÓN
1	461455	LA CAPILLA 4
2	461144	SAN IGNACIO 8
3	461124	QUISQUE 5
4	461313	LA CAPILLA 3
5	461309	MORTEROS 2
6	461154	PALENQUE 4
7	461125	QUISQUE 7
8	461121	MOTOCACHY 14
9	461308	SAN IGNACIO 7
10	461158	MORTEROS 7
11	461134	LA PARRA 1
12	461149	LA CHIMBA 2
13	461157	MORTEROS 6
14	461136	LA PARRA 3
15	461137	LA PARRA 4
16	461141	SAN IGNACIO 1
17	461159	MORTEROS 8
18	461139	SAN PEDRO 1
19	461457	LA CAPILLA 6
20	461152	PALENQUE 2
21	461117	MOTOCACHY 5
22	461220	MORTEROS 1

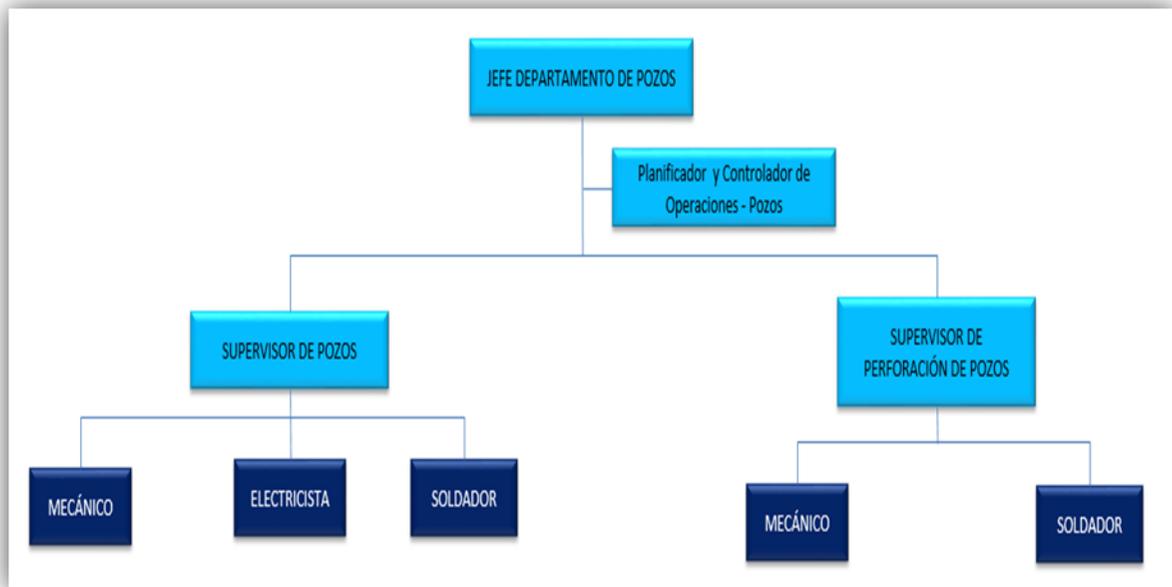
N° EQUIPO	COD. EQUIPO	POZO/ESTACIÓN
23	461160	MORTEROS 9
24	461151	PALENQUE 1
25	461126	QUISQUE 9
26	461161	MORTEROS 10
27	461135	LA PARRA 2
28	461140	SAN PEDRO 3
29	461312	LA CAPILLA 2
30	461155	MORTEROS 4
31	461190	MOTOCACHY 9
32	461143	SAN IGNACIO 6
33	461131	QUISQUE 14
34	461142	SAN IGNACIO 3
35	461156	MORTEROS 5
36	461148	LA CHIMBA 1
37	481364	MORTEROS 3
38	461163	AMAZONAS 1
39	461165	SOLIVIN 3
40	461115	MOTOCACHY 1
41	461116	MOTOCACHY 4
42	461119	MOTOCACHY 12
43	461120	MOTOCACHY 13
44	461122	BATAN 1
45	461128	QUISQUE 11
46	461129	QUISQUE 12
47	461130	QUISQUE 13
48	461132	QUISQUE 15
49	461133	QUISQUE 16
50	461138	LA PARRA 5
51	461145	SAN IGNACIO 9
52	461146	SAN IGNACIO 11
53	461147	SAN IGNACIO 13
54	461150	LA CHIMBA 3
55	461166	PATIO FABRICA 1
56	461218	MOTOCACHY 6
57	461310	PALENQUE 5
58	461451	MOTOCACHY 7
59	461477	SAN JOSE 1
60	481895	SAN JOSE 2
61	481899	SAN JOSE 3
62	481924	SAN JOSE 4

N° EQUIPO	COD. EQUIPO	POZO/ESTACIÓN
63	481926	SAN JOSE 5
64	461162	SUTE 1
65	461167	ROSARIO 1
66	461168	VAQUERIA 1
67	461169	VAQUERIA 2
68	461314	FILPO 1
69	461453	FILPO 2
70	461454	FILPO 3
71	481822	ROSARIO 2
72	481845	CAYLAN 2
73	481849	CAYLAN 2
74	481853	GUILLERMO 1
75	481857	GUILLERMO 2
76	481861	GUILLERMO 3
77	481865	GUILLERMO 4
78	481868	GUILLERMO 5
79	461172	HIGUERAS 1
80	461173	HIGUERAS 2
81	461174	HIGUERAS 4
82	461175	HIGUERAS 7
83	461176	CHOLOQUE 1
84	461177	TAMBOHUARAPO 2
85	461178	LADRILLERA 1
86	461311	LA CAPILLA 1
87	461456	LA CAPILLA 5
88	461458	CHOLOQUE 2
89	461459	CHOLOQUE 3
90	461118	MOTOCACHY 10
91	461123	QUISQUE 1
92	461127	QUISQUE 10
93	461153	PALENQUE 3
94	461170	VETA COLORADA 1
95	461171	VETA COLORADA 2

Fuente: Elaboración propia

3.1.8 Organigrama de la empresa

Gráfica Nª 08: Organigrama Departamento de Pozos



Fuente: Elaboración propia

3.1.9 Proceso productivo

a) RECEPCIÓN, PESADO Y DESCARGUE

La caña que proviene de campo se recibe en el Ingenio, donde se realiza la inspección para el cumplimiento de los requisitos de calidad. Luego la caña es pesada en grandes básculas de plataforma junto con las unidades de transporte.

b) LAVADO DE CAÑA

A la altura del eje de mando de la Mesa N° 02, se encuentra el Carding Drum, el cual se encarga de romper los paquetes de caña.

Disgregada los paquetes de caña ésta cae desde el Carding Drum a la operación de lavado, con el fin de eliminar las impurezas que trae consigo la caña, éste proceso requiere de aplicaciones de duchas con agua industrial a presión, en sentido contrario al flujo de la caña.

c) EXTRACCIÓN DE JUGO

La caña es molida con la finalidad de extraerle la mayor cantidad de sacarosa posible.

d) COLADO DE JUGO

El jugo extraído de los molinos, es enviado al tamiz para eliminar el bagacillo que contiene el jugo, este tamiz está provisto de una tela metálica de 0.50 milímetros de abertura cuya superficie se mantiene limpia por los lavados de agua caliente que se dan cada 2 horas de trabajo o menos si el proceso lo requiere.

e) CALENTAMIENTO DE JUGO MEZCLADO Y PESADO DE JUGO (1er calentamiento)

El jugo mezclado proveniente de la molienda es calentado previamente en los calentadores primarios a la temperatura entre 65°C a 90°C con la finalidad de precipitar ciertos coloides, la albúmina y sílice hidratada, los cuales precipitan con el calor y al pH del jugo mezclado.

El calentamiento tiene lugar en los calentadores primarios. La fuente calorífica que permite elevar la temperatura del jugo mezclado de (30°C- 45°C) hasta (65°C-90°C) es el vapor vegetal proveniente de los Pre evaporadores, dicho jugo pasa hacia la balanza para cuantificar la cantidad de jugo que ingresa a elaboración.

f) SULFITACIÓN DE JUGO (para azúcar blanca)

El jugo mezclado es decolorado mediante la adición de Dióxido de Azufre (SO₂) obtenido por la combustión de azufre en estado sólido, el cual es verificado según Especificaciones Técnicas del Azufre, código CO5-PDDP-I-57, antes de agregarle el sacarato de calcio (mezcla de lechada de cal y jugo clarificado).

g) PREPARACIÓN DE LECHADA DE CAL Y ENCALADO DE JUGO

La lechada de cal se prepara disolviendo la cal viva en agua condensada, bombeándose hacia un tanque donde se adiciona jugo clarificado para obtener sacarato de Calcio con el pH apropiado.

El proceso de encalado consiste en agregar el sacarato de calcio (mezcla de lechada de cal y jugo clarificado) al jugo mezclado para aumentar su pH; con el fin de mantenerlo alcalino y así evitar pérdidas

por inversión, Obteniéndose el jugo encalado con un pH entre 7.4 y 8.4 el cual es enviado a un segundo calentamiento.

h) CENTRIFUGACIÓN

La operación consiste en cargar de masa cocida a la centrifuga, donde esta es lavada con agua caliente a presión con el fin de separar físicamente los cristales de azúcar de la miel presentes en las masas que bajan de los tachos, la azúcar obtenida es descargada a un transportador sin fin debajo de la centrifuga.

i) SECADO

El azúcar es transportado hacia el secador con el objetivo de reducir la humedad y bajar la temperatura del azúcar caliente.

j) ENVASADO Y CODIFICADO

El azúcar almacenado en las Tolvas de Envase es envasado en bolsas de papel ó en bolsas de polipropileno, cuyo peso neto de azúcar envasada es de 50 Kg. Luego de ser envasada pasa por un equipo de codificación que numera la bolsa según un código determinado, luego es transportada hacia los almacenes de Producto Terminado, de donde se despacha para su venta.

k) ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO

Luego de culminar la etapa de envasado de azúcar, las bolsas de producto conforme son transportadas mediante fajas transportadoras de jebe hacia la zona de estiba en el almacén de producto terminado. Este proceso se repite durante todo el día y mientras que la operación se encuentre continúa.

3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis

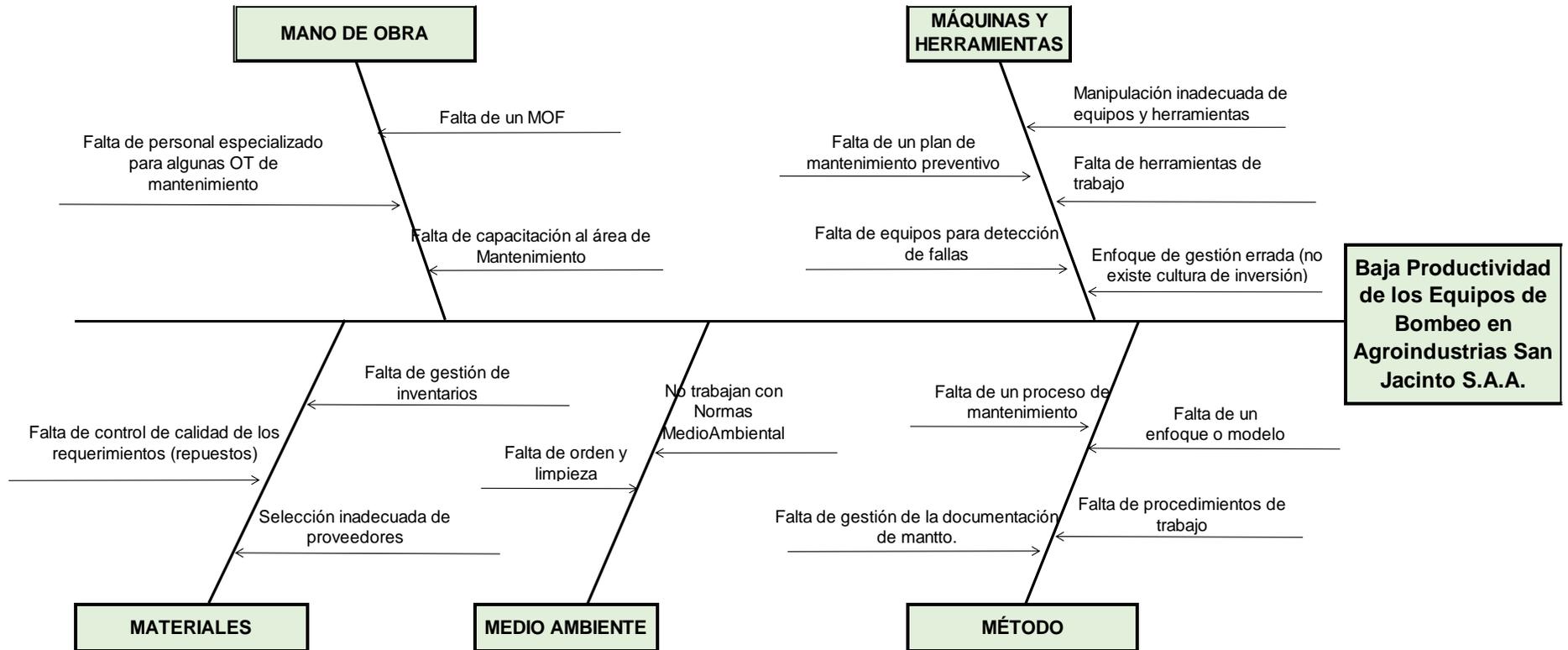
El área de Pozos está encargada del servicio de mantenimiento de los equipos de bombeo de los pozos en campo los cuales abastecen de agua para riego del ingenio azucarero.

Se encargan de mantener la operatividad no sólo los equipos de bombeo, sino también el mantenimiento de líneas de MT las cuales son necesarias para la energización de los motores eléctricos en campo.

3.3 Identificación del problema e indicadores actuales

A continuación, se muestra el diagrama de Ishikawa con las causas raíces de la baja rentabilidad.

Gráfico N°09: Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

3.3.1. Matriz de priorización

Se evaluaron las causas mediante la aplicación de encuestas (véase anexo 02), aplicando valoraciones por cada causa raíz. Luego esto se plasmó en una matriz de priorización, la cual se muestra a continuación:

Gráfico N° 10: Matriz de Priorización de Causas Raíces

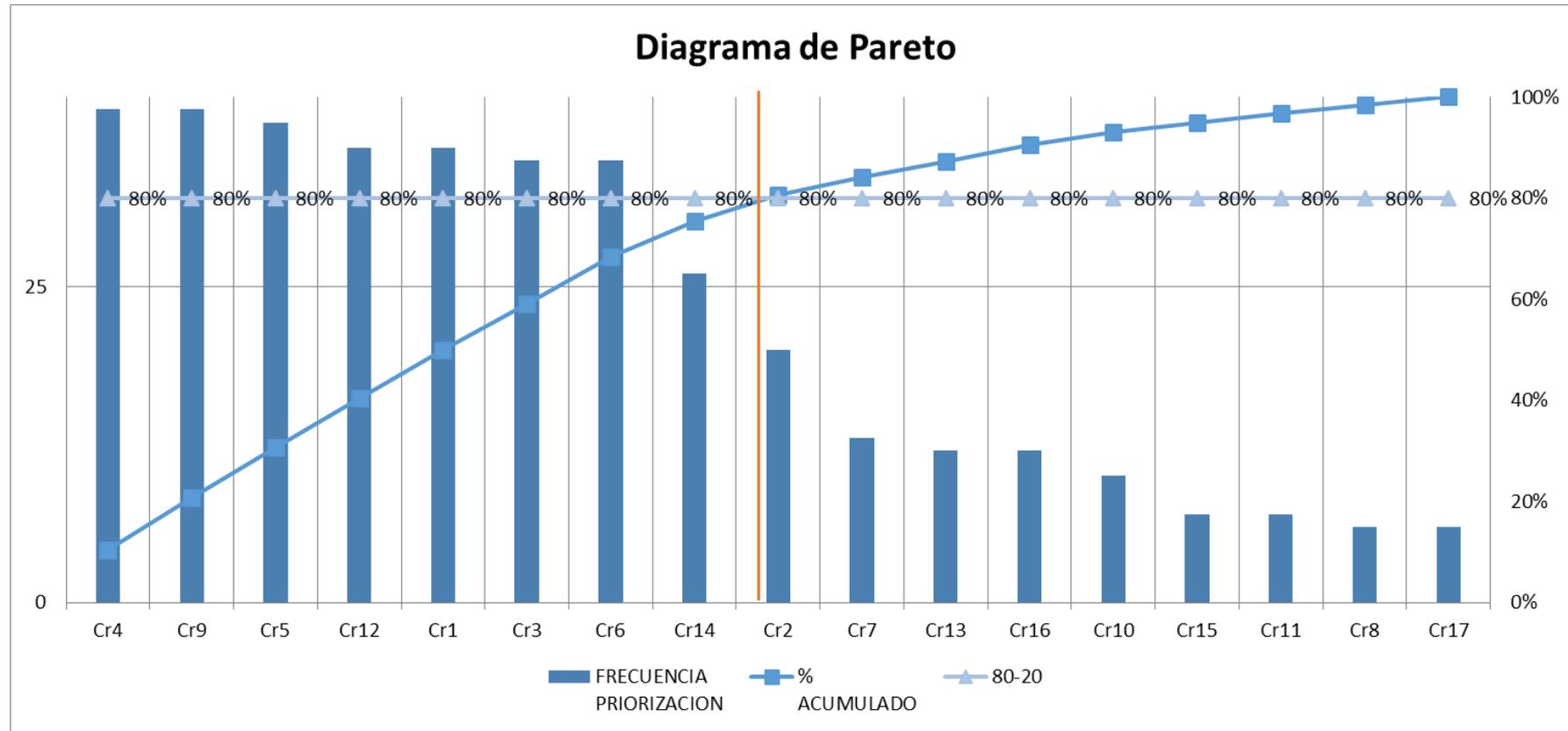
ENCUESTADOS \ CR	RESULTADOS																
	CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7	CR8	CR9	CR10	CR11	CR12	CR13	CR14	CR15	CR16	CR17
	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento	Falta de un MOF	Falta de capacitación al área de Mantenimiento	Falta de un plan de mantenimiento preventivo	Falta de equipos para detección de fallas	Falta de herramientas de trabajo	Falta de control de calidad de los requerimientos (repuestos)	Falta de gestión de inventarios	Falta de un proceso de mantenimiento	Falta de procedimientos de trabajo	Falta de gestión de la documentación de manito.	Falta de orden y limpieza	No trabajan con Normas MedioAmbientales	Manipulación inadecuada de equipos y herramientas	Enfoque de gestión errada (no existe cultura de inversión)	Selección inadecuada de proveedores	Falta de un enfoque o modelo de gestion
Jefe de mantenimieto	3	2	3	3	3	3	2	1	3	1	1	3	2	2	1	1	2
Asistente SAP	3	2	3	3	3	2	2	1	3	1	1	3	2	2	1	1	2
Supervisor Mantto Pozos	2	2	3	3	3	3	1	1	3	0	1	2	1	2	1	1	1
Mecanico Pozos 1	3	2	3	3	3	3	1	0	3	1	0	3	0	2	1	1	0
Mecanico Pozos 2	3	1	3	3	3	3	1	0	3	1	0	3	0	2	1	1	0
Soldador Pozos 1	3	2	3	3	3	3	1	1	3	1	1	3	1	2	0	1	0
Soldador Pozos 2	3	1	2	3	3	3	1	0	3	1	1	3	1	2	0	0	0
Soldador Pozos 3	3	1	2	3	3	3	1	0	3	0	0	3	0	2	0	1	0
Electricista 1	2	2	3	3	3	3	1	1	3	1	0	3	0	2	1	1	0
Electricista 2	2	1	2	3	3	2	1	0	3	1	1	3	1	2	1	1	0
Supervisor Perforacion Pozos	3	2	3	3	3	3	1	1	3	0	1	3	2	2	0	1	1
Perforador Pozos 1	3	1	3	3	3	2	0	0	3	1	0	2	1	2	0	1	0
Perforador Pozos 2	3	1	2	3	2	2	0	0	3	1	0	2	1	2	0	1	0
Calificación total	36	20	35	39	38	35	13	6	39	10	7	36	12	26	7	12	6

Fuente: Elaboración propia

3.3.2. Diagrama de Pareto

A continuación, se muestra la clasificación según el diagrama Pareto donde el 80% se considerará relevante.

Gráfica N° 11: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración propia

Según la clasificación se considera relevante las causas: cr4, cr9, cr5, cr12, cr1, cr3, cr6 y cr14. Por otro lado cr2, cr7, cr13, cr16, cr10, cr15, cr11, cr8, cr17 no entran en esta clasificación.

3.3.3. Identificación de los indicadores

Gráfica N° 12: Indicadores y Metas de la Propuesta de Mejora

Causa	Descripción	Nombre del Indicador	Formula	Und	Valor Actual	Perdida (Soles)	Valor Meta	Pérdida (Soles)	Beneficio (Soles)	Herramienta	Metodología Utilizada
Cr4	Falta de Mantenimiento Preventivo	% Mantenimiento Preventivo	$(\text{Horas Mantenimiento Preventivo} / \text{Horas Totales de Mantenimiento}) * 100\%$	%	23%	S/. 1,263,243.78	50%	S/. 1,160,127.59	S/. 103,116.20	Plan de Mantenimiento Preventivo	Mantenimiento Productivo Total (TPM)
		Disponibilidad de los equipos de bombeo	$\text{MTBF} / (\text{MTTR} + \text{MTBF})$	%	79.9%		95.3%				
		Eficiencia global de los equipos	$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDAD} * \text{RENDIMIENTO} * \text{CALIDAD}$	%	65%		77%				
Cr1	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento	% de personal especializado	$(\text{N}^\circ \text{ de personas especializadas} / \text{N}^\circ \text{ total de trabajadores del área de Pozos})$	%	0%		35%			Perfiles Puestos de Trabajo y Contratación de Personal Especializado	
Cr9	Falta de un proceso de mantenimiento	% de procedimientos de mantenimiento	$(\text{N}^\circ \text{ procedimientos de mantenimiento} / \text{N}^\circ \text{ de procedimientos totales}) * 100\%$	%	0%	S/. 257,427.64	100%	S/. 188,489.39	S/. 68,938.25	Elaboración de un proceso de Mantenimiento	
Cr5	Falta de equipos para detección de fallas	% de equipos para detección de fallas	$(\text{N}^\circ \text{ equipos para detección de fallas} / \text{N}^\circ \text{ Total de equipos}) * 100\%$	%	0%	S/. 6,457.50	100%	S/. 0.00	S/. 6,457.50	Adquisición de Equipos Predictivos	
Cr3	Falta de capacitación al área de Mantenimiento	% de trabajadores de capacitados	$(\text{N}^\circ \text{ Trabajadores capacitados} / \text{N}^\circ \text{ total de trabajadores}) * 100\%$	%	0%	S/. 64,575.00	100%	S/. 32,287.50	S/. 32,287.50	Programa de Capacitación	
Cr14	Manipulación inadecuada de Equipos y herramientas	% de trabajadores capacitados en manipulación de herramientas		%							
Cr12	Falta de Orden y Limpieza	% de personal a cargo de orden y limpieza	$(\text{N}^\circ \text{ personal a cargo del orden y limpieza} / \text{N}^\circ \text{ Total de Trabajadores}) * 100\%$	%	10%		100%			Aplicación 5S	
Cr6	Falta de herramientas de trabajo	% de herramientas para mantenimiento	$(\text{N}^\circ \text{ herramientas para mantto} / \text{N}^\circ \text{ Total de Herramientas}) * 100\%$	%	0%		100%			Adquisición de Herramientas	
Total						S/. 1,591,703.92		S/. 1,380,904.48	S/. 210,799.45		

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Diagnostico de las causas raíces

A continuación, se detallará como se obtuvo cada valor actual de las causas raíces que se mostró en la figura N° 12

a) Falta de mantenimiento preventivo (Cr4)

Actualmente la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A., tiene un programa de mantenimiento preventivo deficiente para los equipos de bombeo, ya que en el año 2016 tuvo un % de mantenimiento preventivo de 23% y un 77% de horas de mantenimiento correctivo.

Cuadro N° 06: % Mantenimiento Preventivo (Actual)

TIPOS DE MANTENIMIENTO	N° POZOS	DIAS DE PARO	HORAS DE PARO	%
POZOS PARADOS (MANTENIMIENTO CORRECTIVO)	40	428	10272	77%
POZOS PARADOS (MANTENIMIENTO PREVENTIVO)	23	129	3096	23%
TOTAL	63	557	13368	100%

Fuente: Elaboración propia

Además, se sabe que, durante el año 2016, la empresa tuvo un total de 254 paradas por fallas correctivas, obteniendo un MTTR de 40 horas y un MTBF de 336 horas. La disponibilidad de todos los equipos fue de un 80%.

También se determinó la pérdida por déficit hídrico a causa de estas fallas fue de S/1, 263,243.78, así como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 07: Indicadores de Mantenimiento (Actual)

INDICADORES PROMEDIOS	VALORES
DISPONIBILIDAD	80%
TTR	9745
TTF	2033
NUMERO DE EQUIPOS	95
NUMERO DE FALLAS	254
MTBF	336
MTTR	40
PERDIDAS POR DEFICIT HIDRICO	1,263,243.78

Fuente: Elaboración propia

Adicional a ello se calculó el OEE de todos los equipos, dando como resultado de 65%, el cual es un valor regular. Así como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 08: Calculo del OEE (Actual)

DISPONIBILIDAD ACTUAL	EFICIENCIA	CALIDAD	OEE
80%	84.74%	96%	65%

VALOR DEL OEE
OEE < 0,65: Inadmisible
0,65 ≤ OEE ≤ 0,75 : Regular
0,75 ≤ OEE ≤ 0,85 : Aceptable
0,85 ≤ OEE ≤ 0,95 : Buena
OEE ≥ 0,95 : Excelente (World Class)

Fuente: Elaboración propia

b) Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento (Cr1)

Actualmente la empresa solo cuenta con 3 trabajadores que realizan la función de mantenimiento de bombas, pero no cuenta con personal especializado en el mantenimiento de estas bombas. Asimismo solo cuenta con 1 electricista especializado para mantenimiento de motores y líneas de media tensión, lo cual también origina retrasos en los mantenimientos por el aumento de equipos de bombeo y líneas de electrificación en campo.

Es por ello que se considera que esto origina que se tenga una pérdida económica relacionada a la causa anterior.

c) Falta de un proceso de mantenimiento (Cr9)

Actualmente el departamento de pozos no cuenta con manuales de procesos de mantenimiento para la atención de fallas en el área de Pozos, es por ello que este indicador presenta un % de procedimientos de mantenimiento de 0%.

Cuando se da una falla los operarios no saben cómo proceder a desplazarse, desde la habilitación de sus herramientas hasta que desmontan el equipo en campo y lo traen a taller.

En el año 2016, se tuvo un total de 2498 horas perdidas por falta de un manual de procedimientos de mantenimiento, generando un Costo lucro cesante de S/.257, 427.64 soles. Así como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 09: Costo por Falta de Procesos de Mantenimiento

DESCRIPCION	UND	2016
Demora en atención de falla	Hr	9.83
N° de fallas en el año	N° Fallas	254
Tiempo perdido (Horas al año)	Hr	2498
Perdida por Hora Deficit Hidrico	Soles/Hr	103.07
Costo Por Tiempo Perdido	Soles	S/. 257,427.64

Fuente: Elaboración propia

d) Falta de equipos para la detección de fallas (Cr5)

Actualmente la empresa no cuenta con equipos especiales que le permitan hacer un adecuado mantenimiento preventivo o que les permita verificar el estado del equipo, es por ello que el indicador es de 0%. Asimismo, se estima que el costo por no tener equipos es el 10% del gasto en mantenimiento externo. En el año 2016 fue de S/6,457.50 Así como se muestra en el cuadro:

Cuadro N° 10: CLC de no contar con Equipos Predictivos

Costo por falta de Equipos Mantenimiento Predictivo	
Costo de Mantenimiento Externo (Servicios a Terceros)	S/. 64,575.00
Costo de no tener Equipos Mantenimiento Predictivo	S/. 6,457.50
% de Costo de no tener Equipos Predictivos	10%

Fuente: Elaboración propia

e) Falta de capacitación al área de mantenimiento (Cr3)

La empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A., no brindó capacitaciones al personal de Mantenimiento del área de pozos durante el año 2016. Es por ello que este indicador de % capacitación en mantenimiento es 0%.

El personal que manipula los equipos no realiza todas las tareas básicas de mantenimiento preventivo y además no está capacitado para operar adecuadamente sus equipos. Por estos motivos cuando se produce una falla se tiene que contratar servicio de terceros, así como se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro N°11: Costo Mantenimiento Externo

A período	MES	Val/Mon.so.CO
2	FEBRERO	S/. 6,600.00
2	FEBRERO	S/. 8,750.00
3	MARZO	S/. 8,360.00
4	ABRIL	S/. 7,370.00
5	MAYO	S/. 8,750.00
6	JUNIO	S/. 4,445.00
6	JUNIO	S/. 8,230.00
8	AGOSTO	S/. 4,250.00
8	AGOSTO	S/. 4,450.00
11	NOVIEMBRE	S/. 3,370.00
TOTAL		S/. 64,575.00

Fuente: Elaboración propia

f) Manipulación inadecuada de Equipos y herramientas (Cr14)

Actualmente el personal de pozos cuenta con herramientas y equipos que requieren de cuidado y conocimiento para utilizarlas de manera adecuada, no sólo para evitar accidentes, sino para que el trabajo quede lo más óptimo posible, para lo cual es necesario contribuir con capacitaciones de manejo de herramientas y equipos con el fin de garantizar la realización de una tarea de forma segura y mantenerlas en buen estado de conservación.

g) Falta de orden y limpieza (Cr12)

En el departamento de pozos actualmente se visualiza falta de orden y limpieza en sus ambientes, los cuales necesitan espacios para una buena distribución de sus repuestos, materiales, equipos, herramientas, etc. Con el fin de obtener una mejor identificación de éstos y generar un mejor ambiente de trabajo; consiguiendo además alargar la vida útil de los equipos y herramientas.

Para esto se requiere contribuir con el personal, orientándoles con un Programa de 5'S, con el fin de mantener estándares y planes para mantener el orden y limpieza lo cual ayudará a lograr al operario conocer mejor las maquinarias y obtener un agradable ambiente de trabajo.

h) Falta de herramientas de trabajo (Cr6)

Actualmente la empresa no se encuentra invirtiendo en renovación de herramientas de trabajo las cuales actualmente ya son obsoletas e impiden el avance de los mantenimientos de equipos de bombeo; esto ha originado retrasos y grandes pérdidas económicas relacionadas a la baja disponibilidad de los equipos de bombeo.

CAPÍTULO 4

SOLUCION PROPUESTA

4.1 Propuesta de mejora

4.1.1 Plan de mantenimiento preventivo

La propuesta de mejora de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del área de pozos de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. se desarrollará en los siguientes pasos:

- Inventario de Equipos
- Codificación de Equipos
- Análisis de criticidad de los equipos
- Elaboración de un programa de Mantenimiento Preventivo
- Costo del Programa de Mantenimiento preventivo
- Gestión de la documentación

A continuación se describe la propuesta de mejora del diseño de un plan de mantenimiento preventivo.

4.1.1.1 Inventario de los equipos

Se ha desarrollado este primer punto actualizando el inventario de los equipos de bombeo en el Departamento de Pozos con el fin de obtener las características principales de cada equipo para desarrollar un adecuado programa de mantenimiento preventivo, se optimizará la información de tal manera que la retroalimentación del plan anual de mantenimiento tenga una base sólida y se cuente con el registro histórico del funcionamiento de cada equipo.

Los datos que se describen en el inventario de equipos son los siguientes:

- Código SAP del Equipo
- Nombre del Equipo
- Marca, Modelo del Equipo, Serie, Potencia, Tipo de Lubricación.

En el siguiente cuadro se detalla el inventario realizado:

Cuadro Nº 12: Inventario Equipos del Área de Pozos (Motor 1)

NRO-PZ	SAP-PZ	GRUPO-PZ	POZO-PZ	ESTATUS-PZ	MARC-MOT	HP-MOT	LUB-MOT
1	461115	MOTOCACHY	Motocachy 1	EQUIPADO	WEG	25	AGUA
2	461116	MOTOCACHY	Motocachy 4	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
3	461117	MOTOCACHY	Motocachy 5	EQUIPADO	WEG	25	AGUA
4	461218	MOTOCACHY	Motocachy 6	EQUIPADO	US MOTOR	15	AGUA
5	461451	MOTOCACHY	Motocachy 7	SIN EQUIPO			
6	461190	MOTOCACHY	Motocachy 9	EQUIPADO	WEG	50	AGUA
7	461118	MOTOCACHY	Motocachy 10	EQUIPADO	WEG	50	AGUA
8	461119	MOTOCACHY	Motocachy 12	SIN EQUIPO			
9	461120	MOTOCACHY	Motocachy 13	EQUIPADO	WEG	100	AGUA
10	461121	MOTOCACHY	Motocachy 14	EQUIPADO	WEG	100	AGUA
11	461122	MOTOCACHY	Batan 1	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
12	461123	QUISQUE	Quisque 1	EQUIPADO	DELCROSA	40	AGUA
13	461124	QUISQUE	Quisque 5	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
14	461125	QUISQUE	Quisque 7	EQUIPADO	SAER ELETTRPOMPE	30	AGUA
15	461126	QUISQUE	Quisque 9	EQUIPADO	SHANGAI	50	AGUA
16	461127	QUISQUE	Quisque 10	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
17	461128	QUISQUE	Quisque 11	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
18	461129	QUISQUE	Quisque 12	EQUIPADO	SAER ELETTRPOMPE	15	AGUA
19	461130	QUISQUE	Quisque 13	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
20	461131	QUISQUE	Quisque 14	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
21	461132	QUISQUE	Quisque 15	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
22	461133	QUISQUE	Quisque 16	EQUIPADO	SHANGAI	50	AGUA
23	461134	LA PARRA	La Parra 1	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
24	461135	LA PARRA	La Parra 2	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
25	461136	LA PARRA	La Parra 3	EQUIPADO	DELCROSA	50	AGUA
26	461137	LA PARRA	La Parra 4	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
27	461138	LA PARRA	La Parra 5	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
28	461139	SAN PEDRO	San Pedro 1	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
29	461140	SAN PEDRO	San Pedro 3	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
30	461141	SAN IGNACIO	San Ignacio 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
31	461142	SAN IGNACIO	San Ignacio 3	EQUIPADO	SAER ELETTRPOMPE	20	AGUA
32	461143	SAN IGNACIO	San Ignacio 6	EQUIPADO	DELCROSA	40	AGUA
33	461308	SAN IGNACIO	San Ignacio 7	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
34	461144	SAN IGNACIO	San Ignacio 8	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
35	461145	SAN IGNACIO	San Ignacio 9	EQUIPADO	SHANGAI	40	AGUA
36	461146	SAN IGNACIO	San Ignacio 11	EQUIPADO	DELCROSA	100	AGUA
37	461147	SAN IGNACIO	San Ignacio 13	EQUIPADO	DELCROSA	40	AGUA
38	461148	CHIMBA	La Chimba 1	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
39	461149	CHIMBA	La Chimba 2	EQUIPADO	DELCROSA	50	AGUA
40	461150	CHIMBA	La Chimba 3	EQUIPADO	C.R.I. PUMPS	30	AGUA
41	461151	PALENQUE	Palenque 1	EQUIPADO	DELCROSA	40	AGUA
42	461152	PALENQUE	Palenque 2	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
43	461153	PALENQUE	Palenque 3	EQUIPADO	DELCROSA	50	AGUA
44	461154	PALENQUE	Palenque 4	EQUIPADO	DELCROSA	40	AGUA
45	461310	PALENQUE	Palenque 5	SIN EQUIPO			
46	461220	MORTEROS	Morteros 1	EQUIPADO	SHANGAI	40	AGUA
47	461309	MORTEROS	Morteros 2	EQUIPADO	SHANGAI	40	AGUA
48	481364	MORTEROS	Morteros 3	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
49	461155	MORTEROS	Morteros 4	EQUIPADO	SHANGAI	50	AGUA
50	461156	MORTEROS	Morteros 5	EQUIPADO	DELCROSA	60	AGUA

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 13: Inventario Equipos del Área de Pozos (Motor 2)

NRO-PZ	SAP-PZ	GRUPO-PZ	POZO-PZ	ESTATUS-PZ	MARC-MOT	HP-MOT	LUB-MOT
51	461157	MORTEROS	Morteros 6	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
52	461158	MORTEROS	Morteros 7	EQUIPADO	SAER ELETROPOMPE	20	AGUA
53	461159	MORTEROS	Morteros 8	EQUIPADO	SHANGAI	25	AGUA
54	461160	MORTEROS	Morteros 9	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
55	461161	MORTEROS	Morteros 10	EQUIPADO	SAER ELETROPOMPE	25	AGUA
56	461162	SUTE	Sute 1	SIN EQUIPO			
57	461168	VAQUERIA	Vaqueria 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
58	461169	VAQUERIA	Vaqueria 2	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
59	481853	GULLERMO	Guillermo 1	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
60	481857	GULLERMO	Guillermo 2	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
61	481861	GULLERMO	Guillermo 3	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
62	481865	GULLERMO	Guillermo 4	SIN EQUIPO			
63	481868	GULLERMO	Guillermo 5	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
64	481845	CAYLAN	Caylan 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
65	481849	CAYLAN	Caylan 2	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
66	461170	VETA COLORADA	Veta Colorada 1	EQUIPADO	DELCROSA	75	ACEITE
67	461171	VETA COLORADA	Veta Colorada 2	SIN EQUIPO			
68	461314	FILPO	Filpo 1	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
69	461453	FILPO	Filpo 2	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
70	461454	FILPO	Filpo 3	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
71	461167	ROSARIO	Rosario 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
72	481822	ROSARIO	Rosario 2	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
73	461163	FABRICA	Amazonas 1	EQUIPADO	SHANGAI	50	AGUA
74	461165	FABRICA	Solivin 3	EQUIPADO	SHANGAI	40	AGUA
75	461166	FABRICA	Patio Fabrica 1	EQUIPADO	SHANGAI	60	AGUA
76	461172	HIGUERAS	Higueras 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
77	461173	HIGUERAS	Higueras 2	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
78	461174	HIGUERAS	Higueras 4	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
79	461175	HIGUERAS	Higueras 7	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
80	461176	CHOLOQUE MONTE	Choloque 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
81	461458	CHOLOQUE MONTE	Choloque 2	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
82	461459	CHOLOQUE MONTE	Choloque 3	EQUIPADO	WEG	20	ACEITE
83	461177	TAMBOHUARAPO	Tambohuarapo 2	SIN EQUIPO			
84	461178	LA CAPILLA	Ladrillera 1	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
85	461311	LA CAPILLA	La Capilla 1	SIN EQUIPO			
86	461312	LA CAPILLA	La Capilla 2	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
87	461313	LA CAPILLA	La Capilla 3	EQUIPADO	WEG	40	ACEITE
88	461455	LA CAPILLA	La Capilla 4	EQUIPADO	DELCROSA	30	AGUA
89	461456	LA CAPILLA	La Capilla 5	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
90	461457	LA CAPILLA	La Capilla 6	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
91	461477	SAN JOSE	San Jose 1	EQUIPADO	US MOTOR	30	ACEITE
92	481895	SAN JOSE	San Jose 2	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
93	481926	SAN JOSE	San jose 3	EQUIPADO	WEG	30	ACEITE
94	481924	SAN JOSE	San jose 4	EQUIPADO	PERKINS	60	
95	481899	SAN JOSE	San jose 5	SIN EQUIPO			

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 14: Inventario Equipos del Área de Pozos (Bomba 1)

NRO-PZ	SAP-PZ	GRUPO-PZ	POZO-PZ	ESTATUS-PZ	MARC-BOM	TIPO1-BOM	CAUDAL-BOM	RPM-BOM	HP-BOM
1	461115	MOTOCACHY	Motocachy 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	25
2	461116	MOTOCACHY	Motocachy 4	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
3	461117	MOTOCACHY	Motocachy 5	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	25
4	461218	MOTOCACHY	Motocachy 6	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	15	1500	40
5	461451	MOTOCACHY	Motocachy 7	SIN EQUIPO	S/E	S/E			
6	461190	MOTOCACHY	Motocachy 9	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	50
7	461118	MOTOCACHY	Motocachy 10	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	50
8	461119	MOTOCACHY	Motocachy 12	SIN EQUIPO	S/E	S/E			
9	461120	MOTOCACHY	Motocachy 13	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	45	1770	100
10	461121	MOTOCACHY	Motocachy 14	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	56	1770	100
11	461122	MOTOCACHY	Batan 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	50	1770	40
12	461123	QUISQUE	Quisque 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	50	1770	40
13	461124	QUISQUE	Quisque 5	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	36	1770	40
14	461125	QUISQUE	Quisque 7	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	42	3600	50
15	461126	QUISQUE	Quisque 9	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	66	1770	40
16	461127	QUISQUE	Quisque 10	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	66	1770	20
17	461128	QUISQUE	Quisque 11	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	52	1770	20
18	461129	QUISQUE	Quisque 12	EQUIPADO	FRANKLIN ELECTRIC	SUMERGIBLE	25	3481	15
19	461130	QUISQUE	Quisque 13	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	55	1770	20
20	461131	QUISQUE	Quisque 14	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	56	1770	40
21	461132	QUISQUE	Quisque 15	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	51	1770	40
22	461133	QUISQUE	Quisque 16	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	69	1770	50
23	461134	LA PARRA	La Parra 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	20
24	461135	LA PARRA	La Parra 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	35	1770	30
25	461136	LA PARRA	La Parra 3	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	35	1770	40
26	461137	LA PARRA	La Parra 4	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	20
27	461138	LA PARRA	La Parra 5	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	35	1770	30
28	461139	SAN PEDRO	San Pedro 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
29	461140	SAN PEDRO	San Pedro 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	35	1770	30
30	461141	SAN IGNACIO	San Ignacio 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	30
31	461142	SAN IGNACIO	San Ignacio 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	30	3450	20
32	461143	SAN IGNACIO	San Ignacio 6	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	40
33	461308	SAN IGNACIO	San Ignacio 7	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	20	1770	25
34	461144	SAN IGNACIO	San Ignacio 8	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
35	461145	SAN IGNACIO	San Ignacio 9	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	30
36	461146	SAN IGNACIO	San Ignacio 11	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1800	100
37	461147	SAN IGNACIO	San Ignacio 13	EQUIPADO	BJK	VERTICAL	20	1770	30
38	461148	CHIMBA	La Chimba 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
39	461149	CHIMBA	La Chimba 2	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	35	1770	60
40	461150	CHIMBA	La Chimba 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	35	3450	30
41	461151	PALENQUE	Palenque 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	38	1770	40
42	461152	PALENQUE	Palenque 2	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	31	1770	25
43	461153	PALENQUE	Palenque 3	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	31	1770	60
44	461154	PALENQUE	Palenque 4	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	40
45	461310	PALENQUE	Palenque 5	SIN EQUIPO	S/E	S/E			
46	461220	MORTEROS	Morteros 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	15	1770	40
47	461309	MORTEROS	Morteros 2	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	65		
48	481364	MORTEROS	Morteros 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	22	1770	20
49	461155	MORTEROS	Morteros 4	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	50
50	461156	MORTEROS	Morteros 5	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	50

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro Nº 15: Inventario Equipos del Área de Pozos (Bomba 2)

NRO-PZ	SAP-PZ	GRUPO-PZ	POZO-PZ	ESTATUS-PZ	MARC-BOM	TIPO1-BOM	CAUDAL-BOM	RPM-BOM	HP-BOM
51	461157	MORTEROS	Morteros 6	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
52	461158	MORTEROS	Morteros 7	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	30	3500	25
53	461159	MORTEROS	Morteros 8	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	30	1770	25
54	461160	MORTEROS	Morteros 9	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	30	3470	20
55	461161	MORTEROS	Morteros 10	EQUIPADO	HIDROSTAL	SUMERGIBLE	30	3470	20
56	461162	SUTE	Sute 1	SIN EQUIPO	S/E	S/E			
57	461168	VAQUERIA	Vaqueria 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
58	461169	VAQUERIA	Vaqueria 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	20
59	481853	GUILLELMO	Guillermo 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	30
60	481857	GUILLELMO	Guillermo 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	30
61	481861	GUILLELMO	Guillermo 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	30
62	481865	GUILLELMO	Guillermo 4	SIN EQUIPO	CHINA	VERTICAL	30		
63	481868	GUILLELMO	Guillermo 5	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	20
64	481845	CAYLAN	Caylan 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	22	1770	40
65	481849	CAYLAN	Caylan 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	30	1770	30
66	461170	VETA COLORADA	Veta Colorada 1	EQUIPADO	BJK	VERTICAL	20	1770	60
67	461171	VETA COLORADA	Veta Colorada 2	SIN EQUIPO	S/E	S/E			
68	461314	FILPO	Filpo 1	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	35	1770	30
69	461453	FILPO	Filpo 2	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	15	1770	20
70	461454	FILPO	Filpo 3	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	15	1770	20
71	461167	ROSARIO	Rosario 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
72	481822	ROSARIO	Rosario 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	22	1770	40
73	461163	FABRICA	Amazonas 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	20	1770	40
74	461165	FABRICA	Solivin 3	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	20	1770	40
75	461166	FABRICA	Patio Fabrica 1	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	20	1770	40
76	461172	HIGUERAS	Higueras 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
77	461173	HIGUERAS	Higueras 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	20
78	461174	HIGUERAS	Higueras 4	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	20
79	461175	HIGUERAS	Higueras 7	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
80	461176	CHOLOQUE MONTE	Choloque 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
81	461458	CHOLOQUE MONTE	Choloque 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	15	1770	20
82	461459	CHOLOQUE MONTE	Choloque 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	15	1770	20
83	461177	TAMBOHUARAPO	Tambohuarapo 2	SIN EQUIPO	CHINA	VERTICAL	20	1500	40
84	461178	LA CAPILLA	Ladrillera 1	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	20	1770	40
85	461311	LA CAPILLA	La Capilla 1	SIN EQUIPO	S/E	S/E	35		
86	461312	LA CAPILLA	La Capilla 2	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	35	1770	30
87	461313	LA CAPILLA	La Capilla 3	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	35	1770	40
88	461455	LA CAPILLA	La Capilla 4	EQUIPADO	CHINA	VERTICAL	15	1770	20
89	461456	LA CAPILLA	La Capilla 5	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	15	1770	20
90	461457	LA CAPILLA	La Capilla 6	EQUIPADO	HIDROSTAL	VERTICAL	15	1770	20
91	461477	SAN JOSE	San Jose 1	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	22	1500	30
92	481895	SAN JOSE	San Jose 2	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	30	1770	40
93	481926	SAN JOSE	San jose 3	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	30	1770	40
94	481924	SAN JOSE	San jose 4	EQUIPADO	NATIONAL-PUMP	VERTICAL	30	1770	40
95	481899	SAN JOSE	San jose 5	SIN EQUIPO					

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2 Codificación de los equipos

Para iniciar con el programa de mantenimiento es muy importante contar con un código para cada equipo de bombeo, esto permitirá llevar un mejor control, orden e identificación de todo equipo del departamento de pozos, la codificación de la maquinaria, facilitará el trabajo administrativo y lo hará más eficiente.

La estructura de los códigos que se sugiere y la interpretación de los mismos para la empresa se presentan a continuación:

- Las iniciales corresponde al nombre del pozo.
- Seguido del número de equipo de bombeo del pozo.

A continuación en el cuadro N° 16, se muestra la codificación de los equipos de producción

Cuadro N° 16: Codificación de los Equipos del Área de Pozos (1)

Nº Equipo	Campo de clasificación	DENOM. SAP
M1	MOTOCACHY 1	M1 POZO TUBULAR MOTOCACHY 1
M4	MOTOCACHY 4	M4 POZO TUBULAR MOTOCACHY 4
M12	MOTOCACHY 12	M12 POZO TUBULAR MOTOCACHY 12
M13	MOTOCACHY 13	M13 POZO TUBULAR MOTOCACHY 13
M14	MOTOCACHY 14	M14 POZO TUBULAR MOTOCACHY 14
B1	BATAN 1	B1 POZO TUBULAR BATAN 1
Q5	QUISQUE 5	Q5 POZO TUBULAR QUISQUE 5
Q7	QUISQUE 7	Q7 POZO TUBULAR QUISQUE 7
Q9	QUISQUE 9	Q9 POZO TUBULAR QUISQUE 9
Q11	QUISQUE 11	Q11 POZO TUBULAR QUISQUE 11
Q12	QUISQUE 12	Q12 POZO TUBULAR QUISQUE 12
Q13	QUISQUE 13	Q13 POZO TUBULAR QUISQUE 13
Q14	QUISQUE 14	Q14 POZO TUBULAR QUISQUE 14
Q15	QUISQUE 15	Q15 POZO TUBULAR QUISQUE 15
Q16	QUISQUE 16	Q16 POZO TUBULAR QUISQUE 16
LP1	LA PARRA 1	LP1 POZO TUBULAR LA PARRA 1
LP2	LA PARRA 2	LP2 POZO TUBULAR LA PARRA 2
LP3	LA PARRA 3	LP3 POZO TUBULAR LA PARRA 3
LP4	LA PARRA 4	LP4 POZO TUBULAR LA PARRA 4
LP5	LA PARRA 5	LP5 POZO TUBULAR LA PARRA 5
SP1	SAN PEDRO 1	SP1 POZO TUBULAR SAN PEDRO 1
SP3	SAN PEDRO 3	SP3 POZO TUBULAR SAN PEDRO 3
SI1	SAN IGNACIO 1	SI1 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 1
SO3	SAN IGNACIO 3	SI3 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 3
SO6	SAN IGNACIO 6	SI6 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 6
SO8	SAN IGNACIO 8	SI8 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 8
SI9	SAN IGNACIO 9	SI9 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 9
SI11	SAN IGNACIO 11	SI11 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 11
SI13	SAN IGNACIO 13	SI13 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 13

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 17: Codificación de los Equipos del Área de Pozos (2)

N° Equipo	Campo de clasificación	DENOM. SAP
LCH1	LA CHIMBA 1	LCH1 POZO TUBULAR LA CHIMBA 1
LCH2	LA CHIMBA 2	LCH2 POZO TUBULAR LA CHIMBA 2
LCH3	LA CHIMBA 3	LCH3 POZO TUBULAR LA CHIMBA 3
P1	PALENQUE 1	P1 POZO TUBULAR PALENQUE 1
P2	PALENQUE 2	P2 POZO TUBULAR PALENQUE 2
P4	PALENQUE 4	P4 POZO TUBULAR PALENQUE 4
MS7	MORTEROS 7	MS7 POZO TUBULAR MORTEROS 7
MS8	MORTEROS 8	MS8 POZO TUBULAR MORTEROS 8
A1	AMAZONAS 1	A1 POZO TUBULAR AMAZONAS 1
S3	SOLIVIN 3	S3 POZO TUBULAR SOLIVIN 3
PF1	PATIO FABRICA 1	PF1 POZO TUBULAR PATIO FABRICA 1
M6	MOTOCACHY 06	M6 POZO TUBULAR MOTOCACHY 6
SI7	SAN IGNACIO 7	SI7 POZO TUBULAR SAN IGNACIO 7
MS2	MORTEROS 2	MS2 POZO TUBULAR MORTEROS 2
P5	PALENQUE 5	P5 POZO TUBULAR PALENQUE 5
M7	MOTOCACHY 7	M 7 POZO TUBULAR MOTOCACHY 7
SJ01	SAN JOSE 1	SJ01 POZO TUBULAR SAN JOSE 1
SJ02	SAN JOSE 2	SJ02 POZO TUBULAR SAN JOSE 2
SJ03	SAN JOSE 3	SJ02 POZO TUBULAR SAN JOSE 3
SJ04	SAN JOSE 4	SJ04 POZO TUBULAR SAN JOSE 4
SJ05	SAN JOSE 5	SJ05 POZO TUBULAR SAN JOSE 5
MS9	MORTEROS 9	MS9 POZO TUBULAR MORTEROS 9
MS10	MORTEROS 10	MS10 POZO TUBULAR MORTEROS 10
S1	SUTE 1	S1 POZO TUBULAR SUTE 1
R1	CAÑA CASTILLA 1	R1 POZO TUBULAR CAÑA CASTILLA 1
VQ1	VAQUERIA 1	VQ1 POZO TUBULAR VAQUERIA 1
VQ2	VAQUERIA 2	VQ2 POZO TUBULAR VAQUERIA 2
MS1	MORTEROS 1	MS1 POZO TUBULAR MORTEROS 1
F1	FILPO 1	F1 POZO TUBULAR FILPO 1
F2	FILPO 2	F 2 POZO TUBULAR FILPO 2
F3	FILPO 3	F 3 POZO TUBULAR FILPO 3
R2	CAÑA CASTILLA 2	R2 POZO TUBULAR CAÑA CASTILLA 2
CAY1	CAYLAN 2	CAY 1 POZO TUBULAR CAYLAN 1
CAY2	CAYLAN 2	CAY 2 POZO TUBULAR CAYLAN 2
G1	GUILLERMO 1	G 1 POZO TUBULAR GUILLERMO 1
G2	GUILLERMO 2	G 2 POZO TUBULAR GUILLERMO 2
G3	GUILLERMO 3	G 3 POZO TUBULAR GUILLERMO 3
G4	GUILLERMO 4	G 4 POZO TUBULAR GUILLERMO 4
G5	GUILLERMO 5	G 5 POZO TUBULAR GUILLERMO 5
H1	HIGUERAS 1	H1 POZO TUBULAR HIGUERAS 1
H2	HIGUERAS 2	H2 POZO TUBULAR HIGUERAS 2
H4	HIGUERAS 4	H4 POZO TUBULAR HIGUERAS 4
H7	HIGUERAS 7	H7 POZO TUBULAR HIGUERAS 7
CH1	CHOLOQUE 1	CH1 POZO TUBULAR CHOLOQUE 1
T2	TAMBOHUARAPO 2	T2 POZO TUBULAR TAMBOHUARAPO 2
L1	LADRILLERA 1	L1 POZO TUBULAR LADRILLERA 1
LC1	LA CAPILLA 1	LC 1 POZO TUBULAR LA CAPILLA 1
LC2	LA CAPILLA 2	LC 2 POZO TUBULAR LA CAPILLA 2
LC3	LA CAPILLA 3	LC 3 POZO TUBULAR LA CAPILLA 3
LC4	LA CAPILLA 4	LC 4 POZO TUBULAR LA CAPILLA 4
LC5	LA CAPILLA 5	LC 5 POZO TUBULAR LA CAPILLA 5
LC6	LA CAPILLA 6	LC 6 POZO TUBULAR LA CAPILLA 6
CH2	CHOLOQUE 2	CH 2 POZO TUBULAR CHOLOQUE 2
CH3	CHOLOQUE 3	CH 3 POZO TUBULAR CHOLOQUE 3
M5	MOTOCACHY 5	M5 POZO TUBULAR MOTOCACHY 5
M10	MOTOCACHY 10	M10 POZO TUBULAR MOTOCACHY 10
Q1	QUISQUE 1	Q1 POZO TUBULAR QUISQUE 1
Q10	QUISQUE 10	Q10 POZO TUBULAR QUISQUE 10
P3	PALENQUE 3	P3 POZO TUBULAR PALENQUE 3
MS4	MORTEROS 4	MS4 POZO TUBULAR MORTEROS 4
MS5	MORTEROS 5	MS5 POZO TUBULAR MORTEROS 5
MS6	MORTEROS 6	MS6 POZO TUBULAR MORTEROS 6
VC1	VETA COLORADA 1	VC1 POZO TUBULAR VETA COLORADA 1
VC2	VETA COLORADA 2	VC2 POZO TUBULAR VETA COLORADA 2
M9	MOTOCACHY 9	M9 POZO TUBULAR MOTOCACHY 9
MS3	MORTEROS 3	MS3 POZO TUBULAR MORTEROS 3

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.3 Análisis de criticidad de los equipos

Para determinar a cuales equipos es necesario realizar el mantenimiento preventivo, es necesario evaluar la criticidad de cada uno de los equipos del área de producción y para ello se analizara la criticidad con respecto de 4 factores:

A. Factor de velocidad de manifestación de la falla

Período P-F (Potencial failure – Functional failure): es el tiempo que puede transcurrir entre el momento en que se detecta una falla potencial y el momento en que esta se transforma en falla funcional. La escala de valoración es: muy corto, no da tiempo para parar el equipamiento; corto, es posible parar el equipamiento; suficiente, es posible programar la intervención.

B. Factor de seguridad del personal y del ambiente

Descripción: el foco es evaluar las consecuencias que la falla podría ocasionar sobre las personas y su impacto sobre el ambiente.

La escala es: sin consecuencias; efecto temporal sobre las personas, no afecta el ambiente; efecto temporal sobre las personas y el ambiente; efecto irreversible sobre las personas; efecto irreversible sobre las personas y el ambiente.

C. Factor de costos de parada de producción

Criterio: permite establecer criterios para la categorización de los equipamientos conforme a las consecuencias sobre el proceso de producción y satisfacción de la demanda.

La escala es: no implica demora en la entrega; implica demora leve en la entrega; implica demora y pérdida de clientes.

D. Factor de costos de reparación

Clasificación de acuerdo con Pareto: permite determinar criterios de clasificación de las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación.

Las escalas se clasifica en A: equipamiento que pertenece al grupo responsable por el 80% del total de los costos directos de reparación; clasificación B: equipamiento que pertenece al grupo responsable por el 15% del total de los costos directos de reparación; clasificación C: equipamiento que pertenece al grupo correspondiente al 5% del total de los costos directos de reparación.

Cabe mencionar que estos factores tienen un determinado peso, el cual se muestra a continuación:

Cuadro N° 18: Factores de criticidad

FACTORES:	
De Velocidad de manifestación de falla	30
De Seguridad del Personal y Ambiente	10
De Costos de la parada de producción	30
De Costos de Reparación	30

Fuente: Elaboración propia

Luego de sumar todos los factores, se determinan 3 niveles de criticidad:

Cuadro N°19: Rango de Criticidad

Criticidad	Rango
Crítico	>80
Semi crítico	50-80
No crítico	<50

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra en el cuadro N °15, el análisis de criticidad realizado a los equipos del área de producción.

Cuadro N° 20: Análisis Criticidad de Equipos del Área de Pozos (1)

Análisis de Criticidad															
Factores		Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente					Factor de Costos de la parada de producción			Factor de Costos de Reparación		
		Periodo P-F			Descripción					Criterio			Clasificación		
Código	Equipos	Muy corto, no da tiempo para detener la máquina.	Corto, es posible detener la máquina.	Suficiente, es posible programar la intervención.	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente.	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la entrega	Implica demora de corto tiempo en la entrega	Implica demora y pérdida de clientes	Clasificación A: RELATIVAMENTE BAJO	Clasificación B: MEDIANO	Clasificación C: ELEVADO
461163	MORTEROS 6	1					1					1			1
461122	QUISQUE 7	1					1					1			1
461167	SAN IGNACIO 8	1					1					1			1
481822	MOTOCACHY 5	1					1					1			1
481845	MORTEROS 2	1					1					1			1
481845	SOLIVIN 3	1					1					1			1
461176	LA CAPILLA 4	1					1					1			1
461458	SAN IGNACIO 7	1					1					1			1
461459	QUISQUE 5	1					1					1			1
461314	MORTEROS 4	1					1					1			1
461453	LA CHIMBA 2	1					1					1			1
461454	LA PARRA 2	1					1					1			1
481853	PALENQUE 1	1					1					1			1
481857	MORTEROS 9	1					1					1			1
481861	MOTOCACHY 06	1					1					1			1
481865	PALENQUE 4	1					1					1			1
481868	MORTEROS 8	1					1					1			1
461172	LA CAPILLA 3	1					1					1			1
461173	LA PARRA 1	1					1					1			1
461174	AMAZONAS 1	1					1					1			1
461175	LA PARRA 3	1					1					1			1
461311	LA PARRA 4	1					1					1			1
461312	MORTEROS 7	1					1					1			1
461313	MORTEROS 5	1					1					1			1
461455	PALENQUE 2	1					1					1			1
461456	QUISQUE 9	1					1					1			1
461457	MOTOCACHY 9	1					1					1			1
461148	FILPO 2	1					1					1			1
461149	LA CAPILLA 2	1					1					1			1
461150	FILPO 3	1					1					1			1
461134	FILPO 1	1					1					1			1
461135	SAN PEDRO 1	1					1					1			1
461136	SAN JOSE 3	1					1					1			1
461137	SAN PEDRO 3	1					1					1			1
461138	MOTOCACHY 14	1					1					1			1
461178	QUISQUE 14	1					1					1			1
461220	GUILLERMO 4	1					1					1			1
461161	MORTEROS 3	1					1					1			1
461309	SAN JOSE 4	1									1			1	
481364	LA CHIMBA 1	1					1					1			1
461155	MOTOCACHY 13	1					1					1			1
461156	MORTEROS 10	1					1					1			1
461157	QUISQUE 16	1					1					1			1
461158	MORTEROS 1	1					1					1			1
461159	SAN IGNACIO 6	1					1					1			1
461160	LA CAPILLA 6	1					1					1			1
461218	SAN IGNACIO 1	1					1					1			1
461115	PALENQUE 3	1					1					1			1
461118	SAN IGNACIO 3	1					1					1			1
461119	QUISQUE 13	1					1					1			1
Factores		1.00	0.50	0.20	0.20	0.40	0.60	0.90	1.00	0.10	0.30	1.00	0.25	0.50	1.00

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 21: Análisis Criticidad de Equipos del Área de Pozos (2)

Análisis de Criticidad																
Factores		Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente						Factor de Costos de la parada de producción			Factor de Costos de Reparación		
		Periodo P-F			Descripción						Criterio			Clasificación		
Código	Equipos	Muy corto, no da tiempo para detener la máquina.	Corto, es posible detener la máquina.	Suficiente, es posible programar la intervención.	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente.	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la entrega	Implica demora de corto tiempo en la entrega	Implica demora y pérdida de clientes	Clasificación A: RELATIVAMENTE BAJO	Clasificación B: MEDIANO	Clasificación C: ELEVADO	
461120	MOTOCACHY 10	1				1					1			1		
461121	LADRILLERA 1	1				1					1			1		
461116	QUISQUE 1	1				1					1			1		
461117	VAQUERIA 1	1				1					1			1		
461451	BATAN 1	1				1					1			1		
461190	QUISQUE 10	1				1					1			1		
461151	CAÑA CASTILLA 1	1				1					1			1		
461152	QUISQUE 11	1				1					1			1		
461153	GUILLERMO 3	1				1					1			1		
461154	SAN JOSE 2	1				1					1			1		
461310	VETA COLORADA 1		1			1				1			1			
461166	SAN JOSE 1		1			1				1			1			
461123	HIGUERAS 7		1			1				1			1			
461127	CAYLAN 2		1			1				1			1			
461128	CAYLAN 2		1			1				1			1			
461129	LA CHIMBA 3		1			1				1			1			
461130	VAQUERIA 2		1			1				1			1			
461131	LA PARRA 5		1			1				1			1			
461132	QUISQUE 15		1			1				1			1			
461133	SAN IGNACIO 13		1			1				1			1			
461124	HIGUERAS 4		1			1				1			1			
461125	MOTOCACHY 4		1			1				1			1			
461126	SAN IGNACIO 9		1			1				1			1			
461141	MOTOCACHY 1		1			1				1			1			
461146	GUILLERMO 2		1			1				1			1			
461147	GUILLERMO 1		1			1				1			1			
461142	CHOLOQUE 3		1			1				1			1			
461143	GUILLERMO 5		1			1				1			1			
461308	SUTE 1			1	1					1			1			
461144	CHOLOQUE 1			1	1					1			1			
461145	PATIO FABRICA 1			1	1					1			1			
461477	SAN IGNACIO 11			1	1					1			1			
481895	QUISQUE 12			1	1					1			1			
481899	HIGUERAS 2			1	1					1			1			
481924	CAÑA CASTILLA 2			1	1					1			1			
#N/A	PALENQUE 5			1	1					1			1			
461139	LA CAPILLA 5			1	1					1			1			
461140	HIGUERAS 1			1	1					1			1			
461165	CHOLOQUE 2			1	1					1			1			
461162	LA CAPILLA 1			1	1					1			1			
#N/A	MOTOCACHY 12			1	1					1			1			
461168	MOTOCACHY 7			1	1					1			1			
461169	SAN JOSE 5			1	1					1			1			
461170	TAMBOHUARAPO 2			1	1					1			1			
461171	VETA COLORADA 2			1	1					1			1			
Factores		1.00	0.50	0.20	0.20	0.40	0.60	0.90	1.00	0.10	0.30	1.00	0.25	0.50	1.00	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 22: Resultado del Análisis de Criticidad

Codigo	Resultado de Criticidad														Rango	Criticidad	
461163	MORTEROS 6	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461122	QUISQUE 7	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461167	SAN IGNACIO 8	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481822	MOTOCACHY 5	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481845	MORTEROS 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481845	SOLIVIN 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461176	LA CAPILLA 4	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461458	SAN IGNACIO 7	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461459	QUISQUE 5	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461314	MORTEROS 4	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461453	LA CHIMBA 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461454	LA PARRA 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481853	PALENQUE 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481857	MORTEROS 9	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481861	MOTOCACHY 06	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481865	PALENQUE 4	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
481868	MORTEROS 8	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461172	LA CAPILLA 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461173	LA PARRA 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461174	AMAZONAS 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461175	LA PARRA 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461311	LA PARRA 4	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461312	MORTEROS 7	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461313	MORTEROS 5	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461455	PALENQUE 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461456	QUISQUE 9	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461457	MOTOCACHY 9	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461148	FILPO 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461149	LA CAPILLA 2	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461150	FILPO 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461134	FILPO 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461135	SAN PEDRO 1	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461136	SAN JOSE 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461137	SAN PEDRO 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461138	MOTOCACHY 14	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461178	QUISQUE 14	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461220	GUILLERMO 4	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico
461161	MORTEROS 3	30	0	0	0	0	6	0	0	0	0	30	0	0	30	96	Crítico

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el cuadro anterior de los 95 equipos que se analizaron, 38 equipos se ubican como críticos, 22 como semi-crítico y 35 equipos no críticos.

El plan de mantenimiento preventivo estará enfocado con mayor prioridad a los equipos en estado crítico que son la causa de las grandes pérdidas por déficit hídrico.

A continuación se muestran los equipos a los cuales se les realizara un plan de mantenimiento preventivo debido a la criticidad de los mismos.

Cuadro N° 23: Equipos Críticos en Área de Pozos

Codigo	Resultado de Criticidad	Rango	Criticidad
461163	MORTEROS 6	96	Crítico
461122	QUISQUE 7	96	Crítico
461167	SAN IGNACIO 8	96	Crítico
481822	MOTOCACHY 5	96	Crítico
481845	MORTEROS 2	96	Crítico
481845	SOLIVIN 3	96	Crítico
461176	LA CAPILLA 4	96	Crítico
461458	SAN IGNACIO 7	96	Crítico
461459	QUISQUE 5	96	Crítico
461314	MORTEROS 4	96	Crítico
461453	LA CHIMBA 2	96	Crítico
461454	LA PARRA 2	96	Crítico
481853	PALENQUE 1	96	Crítico
481857	MORTEROS 9	96	Crítico
481861	MOTOCACHY 06	96	Crítico
481865	PALENQUE 4	96	Crítico
481868	MORTEROS 8	96	Crítico
461172	LA CAPILLA 3	96	Crítico
461173	LA PARRA 1	96	Crítico
461174	AMAZONAS 1	96	Crítico
461175	LA PARRA 3	96	Crítico
461311	LA PARRA 4	96	Crítico
461312	MORTEROS 7	96	Crítico
461313	MORTEROS 5	96	Crítico
461455	PALENQUE 2	96	Crítico
461456	QUISQUE 9	96	Crítico
461457	MOTOCACHY 9	96	Crítico
461148	FILPO 2	96	Crítico
461149	LA CAPILLA 2	96	Crítico
461150	FILPO 3	96	Crítico
461134	FILPO 1	96	Crítico
461135	SAN PEDRO 1	96	Crítico
461136	SAN JOSE 3	96	Crítico
461137	SAN PEDRO 3	96	Crítico
461138	MOTOCACHY 14	96	Crítico
461178	QUISQUE 14	96	Crítico
461220	GUILLERMO 4	96	Crítico
461161	MORTEROS 3	96	Crítico

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.4 Elaboración del Programa de Mantenimiento Preventivo

Para la elaboración del programa de mantenimiento preventivo primero hay que determinar la frecuencia para este tipo de mantenimiento, para ello se hizo en base a recomendaciones hechas por los fabricantes de estas máquinas, manuales y catálogos disponibles y referencia con respecto a la experiencia de los mecánicos y electricistas que llevan a cabo los mantenimientos correctivos de los pozos. A continuación se muestra el cuadro con el Programa de Mantenimiento Propuesto para el periodo de 1 año.

Cuadro N° 24: Programa de Mantenimiento Preventivo para los Equipos de Bombeo

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DEPARTAMENTO DE POZOS								
NOMBRE DE COMPONENTES	DESCRIPCION	DIARIO	SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMEMSTRAL	ANUAL	N° OT
Motor	Inspeccion Visual			x				12
	Comprobación de vibraciones y ruidos			x				12
	Comprobación de bornes de conexión eléctrica (Apriete y protección)					x		2
	Verificación y ajuste del acoplamiento y alineación					x		2
	Comprobación estado de rodajes					x		2
	Comprobar holguras anormales en los ejes					x		2
	Comprobación del ventilador					x		2
	Comprobar el aislamiento eléctrico (R<=3MΩ)					x		2
	Puesta a tierra					x		2
	Estado de Pintura						x	1
	Lubricación y engrase de Rodajes						x	1
Comprobacion de parámetros eléctricos (voltaje, corriente, frecuencia)				x				12
Bomba	Lubricacion de cojinetes			x				12
	Empacar prensa estopa			x				12
	Revisión estado de impulsores					x		2
	Revisión caja o cuerpo					x		2
	Estado de Pintura						x	1
Linterna	Limpieza de linterna			x				12
	Revisión cañerías aceiteras			x				12
	Comprobar holguras anormales en eje cabecero					x		2
	Estado de Pintura						x	1
	Revisión general						x	1
Tablero Electrico	Limpieza de tablero				x			4
	Revisión de piezas flojas o sueltas				x			4
	Ajuste de todos los terminales				x			4
	Revisión parte mecánica				x			4
	Revisión parte eléctrica				x			4
	Revisión General						x	1
Transformador	Limpieza de aisladores					x		2
	Inspeccion Visual (Fugas y corrosion)				x			4
	Escuchar si presenta ruidos anormales				x			4
	Revisar temperatura exterior				x			4
	Revisión general						x	1
								145

Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 25: Total de Horas para la ejecución del Mantenimiento Preventivo

NOMBRE DE COMPONENTES	DESCRIPCION	N° OT	MINUTOS POR OT	TOTAL EN MINUTOS	MINUTOS POR EQUIPO	N° EQUIPOS	TIEMPO TOTAL PARA TODO LOS EQUIPOS (HR)
Motor	Inspeccion Visual	12	15	180	1,015.00	95.00	1,607
	Comprobación de vibraciones y ruidos	12	20	240			
	Comprobación de bornes de conexión eléctrica (Apriete y protección)	2	10	20			
	Verificación y ajuste del acoplamiento y alineación	2	10	20			
	Comprobación estado de rodajes	2	60	120			
	Comprobar holguras anormales en los ejes	2	30	60			
	Comprobación del ventilador	2	20	40			
	Comprobar el aislamiento eléctrico ($R \leq 3M\Omega$)	2	15	30			
	Puesta a tierra	2	15	30			
	Estado de Pintura	1	20	20			
	Lubricación y engrase de Rodajes	1	15	15			
	Comprobacion de parámetros electricos (voltaje, corriente, frecuencia)	12	20	240			
Bomba	Lubricacion de cojinetes	12	60	720	1,940.00	95.00	3,072
	Empacar prensa estopa	12	60	720			
	Revisión estado de impulsores	2	120	240			
	Revisión caja o cuerpo	2	120	240			
	Estado de Pintura	1	20	20			
Linterna	Limpieza de linterna	12	20	240	830.00	95.00	1,314
	Revisión cañerías aceiteras	12	30	360			
	Comprobar holguras anormales en eje cabecero	2	15	30			
	Estado de Pintura	1	20	20			
	Revisión general	1	180	180			
Tablero Electrico	Limpieza de tablero	4	30	120	620.00	95.00	982
	Revisión de piezas flojas o sueltas	4	15	60			
	Ajuste de todos los terminales	4	20	80			
	Revisión parte mecánica	4	30	120			
	Revisión parte eléctrica	4	30	120			
	Revisión General	1	120	120			
Transformador	Limpieza de aisladores	2	30	60	280.00	95.00	443
	Inspeccion Visual (Fugas y corrosion)	4	10	40			
	Escuchar si presenta ruidos anormales	4	15	60			
	Revisar temperatura exterior	4	15	60			
	Revisión general	1	60	60			
TOTAL		145	1270	4685	4,685.00	475.00	7,418

Fuente: Elaboración propia

Como se puede visualizar en el cuadro N°24 el total de horas para llevar a cabo el programa de mantenimiento preventivo propuesto es de 7,418 horas durante todo un año.

Con el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo en los equipos del área de pozos se determinó el número de mantenimientos preventivos que se le debe hacer a cada equipo para asegurar que la disponibilidad de los equipos se incremente.

En el año 2016 se llegó a tener un total de 9744.5 horas en reparaciones (TTR) por las 254 paradas por fallas correctivas y se obtuvo un MTTR promedio de todos los equipos de 40 horas y un MTBF de 336 horas.

Con la propuesta de mejora se logró reducir el número de paradas de 254 a 51 (80% menos), reduciendo así el número de horas en reparaciones (TTR) de 9744.5 a 1948.9, manteniendo el MTTR en 40 horas con un incremento en el MTBF de 336 horas a 1841 horas (82% más). Tal como se muestra en el cuadro N° 25:

Cuadro N° 26: Indicadores con Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo

POZOS	CAUDAL	N PARADAS	TTR	TTF	FALTA DE PEDIDOS	TIEMPO DISP.	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD	MEJORA CON IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN MP						
										REDUCCIÓN DE PARADAS	N° PARADAS	TTR	TTF	MTTR	MTBF	DISPONIBILIDAD
MORTEROS 6	30	7	700.5	1603.5	192	2304	100	229	61.3%	5.6	1.4	140.1	2163.9	100	1546	87.8%
QUISQUE 7	42	9	354	1950	192	2304	39	217	76.3%	7.2	1.8	70.8	2233.2	39	1241	93.9%
SAN IGNACIO 8	30	8	571	1733	192	2304	71	217	66.9%	6.4	1.6	114.2	2189.8	71	1369	90.1%
MOTOCACHY 5	20	11	350	1954	192	2304	32	178	76.5%	8.8	2.2	70	2234	32	1015	93.9%
MORTEROS 2	65	9	435.5	1868.5	192	2304	48	208	72.8%	7.2	1.8	87.1	2216.9	48	1232	92.4%
SOLIVIN 3	20	7	292	2012	192	2304	42	287	79.0%	5.6	1.4	58.4	2245.6	42	1604	94.9%
LA CAPILLA 4	40	4	254	2050	192	2304	64	513	80.6%	3.2	0.8	50.8	2253.2	64	2817	95.6%
SAN IGNACIO 7	20	8	345.5	1958.5	192	2304	43	245	76.7%	6.4	1.6	69.1	2234.9	43	1397	94.0%
QUISQUE 5	36	12	520.5	1783.5	192	2304	43	149	69.1%	9.6	2.4	104.1	2199.9	43	917	91.0%
MORTEROS 4	60	9	311.5	1992.5	192	2304	35	221	78.1%	7.2	1.8	62.3	2241.7	35	1245	94.6%
LA CHIMBA 2	35	9	305	1999	192	2304	34	222	78.4%	7.2	1.8	61	2243	34	1246	94.7%
LA PARRA 2	35	9	183.5	2120.5	192	2304	20	236	83.7%	7.2	1.8	36.7	2267.3	20	1260	96.8%
PALENQUE 1	38	5	257	2047	192	2304	51	409	80.5%	4	1	51.4	2252.6	51	2253	95.5%
MORTEROS 9	40	3	136	2168	192	2304	45	723	85.8%	2.4	0.6	27.2	2276.8	45	3795	97.6%
MOTOCACHY 06	15	7	227	2077	192	2304	32	297	81.8%	5.6	1.4	45.4	2258.6	32	1613	96.1%
PALENQUE 4	30	6	303	2001	192	2304	51	334	78.5%	4.8	1.2	60.6	2243.4	51	1870	94.7%
MORTEROS 8	30	8	262.5	2041.5	192	2304	33	255	80.3%	6.4	1.6	52.5	2251.5	33	1407	95.4%
LA CAPILLA 3	40	8	276	2028	192	2304	35	254	79.7%	6.4	1.6	55.2	2248.8	35	1406	95.2%
LA PARRA 1	30	8	312.5	1991.5	192	2304	39	249	78.1%	6.4	1.6	62.5	2241.5	39	1401	94.6%
LA PARRA 3	35	8	231	2073	192	2304	29	259	81.6%	6.4	1.6	46.2	2257.8	29	1411	96.0%
LA PARRA 4	30	8	248	2056	192	2304	31	257	80.9%	6.4	1.6	49.6	2254.4	31	1409	95.7%
MORTEROS 7	30	4	172	2132	192	2304	43	533	84.2%	3.2	0.8	34.4	2269.6	43	2837	97.0%
MORTEROS 5	59	10	208	2096	192	2304	21	210	82.6%	8	2	41.6	2262.4	21	1131	96.4%
PALENQUE 2	31	6	234	2070	192	2304	39	345	81.5%	4.8	1.2	46.8	2257.2	39	1881	95.9%
QUISQUE 9	66	8	242	2062	192	2304	30	258	81.2%	6.4	1.6	48.4	2255.6	30	1410	95.8%
MOTOCACHY 9	35	4	253	2051	192	2304	63	513	80.7%	3.2	0.8	50.6	2253.4	63	2817	95.6%
FILPO 2	31	8	219	2085	192	2304	27	261	82.2%	6.4	1.6	43.8	2260.2	27	1413	96.2%
LA CAPILLA 2	35	2	96	2208	192	2304	48	1104	87.5%	1.6	0.4	19.2	2284.8	48	5712	98.3%
FILPO 3	22	6	155.5	2148.5	192	2304	26	358	84.9%	4.8	1.2	31.1	2272.9	26	1894	97.3%
SAN PEDRO 1	30	8	251	2053	192	2304	31	257	80.8%	6.4	1.6	50.2	2253.8	31	1409	95.6%
SAN JOSE 3	34	4	172	2132	192	2304	43	533	84.2%	3.2	0.8	34.4	2269.6	43	2837	97.0%
SAN PEDRO 3	35	8	250.5	2053.5	192	2304	31	257	80.8%	6.4	1.6	50.1	2253.9	31	1409	95.7%
MOTOCACHY 14	56	5	172	2132	192	2304	34	426	84.2%	4	1	34.4	2269.6	34	2270	97.0%
QUISQUE 14	56	7	161.5	2142.5	192	2304	23	306	84.7%	5.6	1.4	32.3	2271.7	23	1623	97.2%
GUILLERMO 4	20	5	152	2152	192	2304	30	430	85.1%	4	1	30.4	2273.6	30	2274	97.4%
MORTEROS 3	30	6	130	2174	192	2304	22	362	86.0%	4.8	1.2	26	2278	22	1898	97.7%
		254	9744.5	2033.3				336	79.9%		51	1948.9	2249.9	40	1841	95.3%

Fuente: Elaboración propia

El total de horas necesarias para el desarrollo de este plan es de 7,418 horas, esto representa un 79% del tiempo total de mantenimiento.

Cuadro N°27: % Mantenimiento Preventivo con Mejora

TIPOS DE MANTENIMIENTO	HORAS DE PARO	%
POZOS PARADOS (MANTENIMIENTO CORRECTIVO)	1948.9	21%
POZOS PARADOS (MANTENIMIENTO PREVENTIVO)	7418	79%
TOTAL	9367	100%

Fuente: Elaboración propia

Además con la propuesta de mejora se logró reducir las toneladas de caña que se dejan de producir por déficit hídrico de 6,266.10 TCB a 5,302.23 TCB. Por lo tanto se obtuvo un aumento de producción de caña en 963.87 TCB el cual representa un beneficio de S/ 103,116.20 lo cual hizo que se disminuyeran las pérdidas de 1, 263,243.78 a 1, 160,127.59 (8% menos). Así como se muestra en el cuadro N° 27.

Cuadro N°28: % Disminución de Pérdidas con Mejora

	2016	2017	Aumento
DISPONIBILIDAD	79.9%	95.3%	15.4%
TCB PERDIDOS POR FALTA DE AGUA	6,266.10	5,302.23	963.87
CANTIDAD DE BOLSAS	14,161.38	11,983.03	2,178.35
COSTO PRODUCIR UNA BOLSA	47.34	47.34	47.34
COSTO TOTAL	670,355.90	567,239.70	103,116.20
PERDIDAS POR DEFICIT HIDRICO	1,263,243.78	92%	
DISMINUCION DE PERDIDAS CON MEJORA	1,160,127.59		

Fuente: Elaboración Propia

Adicional a ello se determinó el Cálculo de la OEE (Eficiencia Global de Equipos)

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de producción neto}}$$

Donde:

Tiempo de producción neto = horas de trabajo – descansos y mantenimiento planificados.

Tiempo operativo = tiempo de producción neto – tiempos de paradas por averías y ajustes.

$$\% \text{ Disponibilidad} = (2249.9 - 54.14) / (2304) = 95.3\%$$

Calculo de % Eficiencia

CAPACIDAD REAL / CAPACIDAD NOMINAL

$$\% \text{ Eficiencia} = 153.21 \text{ TCH} / 180.81 \text{ TCH} = 84.74\%$$

Estos datos lo obtuvimos del reporte de Materia Prima del Departamento de Calidad de Agroindustrias San Jacinto (Ver Anexo n°03)

Calculo de % Calidad

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Total piezas producidas} - \text{Piezas defectuosas o muestra}}{\text{Total de Piezas producidas}}$$

$$\% \text{ Calidad} = (3700\text{TCB} - 150 \text{ TCB} - 5 \text{ TCB}) / (3700\text{TM}) = 96.00\%$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} * \text{eficiencia} * \text{Calidad}$$

$$\text{OEE} = 95.3\% * 84.74\% * 96.00\%$$

$$\text{OEE} = 77.37\%$$

Cuadro N°29: % Cálculo de la OEE con Mejora

DISPONIBILIDAD CON MEJORA	EFICIENCIA	CALIDAD	OEE
95.30%	85%	96%	77%

VALOR DEL OEE
OEE < 0,65: Inadmisible
0,65 ≤ OEE ≤ 0,75 : Regular
0,75 ≤ OEE ≤ 0,85 : Aceptable
0,85 ≤ OEE ≤ 0,95 : Buena
OEE ≥ 0,95 : Excelente (World Class)

Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.5 Gestión de la documentación

Para llevar a cabo todas las actividades del Plan de Mantenimiento Preventivo se contará con una metodología para llevar un mejor control y monitoreo de los equipos de bombeo, esta información estará apoyada con formatos o base de datos que será recolectada con el fin de registrar de manera eficiente las actividades de mantenimiento, cabe resaltar que estos formatos estarán apoyados con el soporte del Sistema SAP.

La documentación a emplear es la siguiente:

- Formato Aviso de Mantenimiento (ver Anexo N° 04)
- Orden de trabajo de Mantenimiento(ver Anexo N° 05)
- Formato Control de Costos de Mantenimiento Correctivo (ver Anexo N° 06)
- Formato Control de Costos de Mantenimiento Preventivo (ver Anexo N° 07)

4.1.2 Perfiles de Puestos de Trabajo y Contratación de personal Especializado

Debido a que la empresa actualmente cuenta con personal escaso para la realización de mantenimiento de los equipos de bombeo y la demanda de éstos ha aumentado, es necesario realizar una inversión de capital para contratación de personal calificado para que realice la ejecución de las tareas de mantenimiento con el fin de poder mejorar la productividad de los equipos de bombeo y alargar la vida útil de éstos equipos; para lo estipulado será necesario la contratación del siguiente personal:

**Cuadro N° 30: Mano Obra Adicional para Ejecución Programa
Mantenimiento Preventivo**

Mano de obra adicional	N°
Tecnico Electricista	1
Tecnico Mecanico	1
Operario (Ayudante)	1
TOTAL	3

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan las funciones básicas y requisitos mínimos que deben de tener cada persona para ocupar los puestos de trabajos correspondientes:

Cuadro N° 31: MOF Técnico Electricista

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO POZOS	CÓDIGO DEL CARGO
CARGO: TÉCNICO ELECTRICISTA	POZOS-AISJ-ELE-P
1. FUNCIÓN BÁSICA	
Mantener en condiciones operativas los equipos eléctricos del Dpto. Pozs, ejecutando actividades de reparación y mantenimiento de equipos eléctricos, a fin de garantizar el buen funcionamiento de los mismos.	
2.- FUNCIONES ESPECIFICAS	
2.1.- Coordinar con el Jefe de Mantenimiento para el Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos eléctricos.	
2.2.- Instalar componentes eléctricos y sistemas de acometidas eléctricas.	
2.3.- Revisar y determinar el estado de conservación de equipos eléctricos.	
2.4.- Instalación de tableros de baja tensión e inspección de subestación de media tensión.	
2.5.- Informar al Jefe de Mantenimiento sobre la realización de los trabajos realizados.	
2.6.- Reacondicionar y reparar mediante el cambio de componentes eléctricos de control.	
2.7.- Ejecutar labores de conexión eléctrica en los equipos de bombeo.	
2.8.- Formular los pedidos de los repuestos y materiales necesarios para el desarrollo de sus funciones.	
2.9.- Mantener el buen estado de los equipos eléctricos.	
2.10.- Informar al Jefe de Mantenimiento las pérdidas, rupturas o desperfectos del equipo para su reparación y/o reemplazo.	
2.11.- Otras funciones asignadas por el Jefe de Mantenimiento.	
3.- REQUISITOS MÍNIMOS	
3.1.- Educación	
<ul style="list-style-type: none"> · Estudios Técnicos en Electricidad 	
3.2.- Experiencia	
<ul style="list-style-type: none"> · Experiencia mínima de 02 año en funciones similares al cargo 	
3.3.- Capacidades, habilidades y Aptitudes	
<ul style="list-style-type: none"> · Capacidad de trabajar en equipo y bajo presión. · Capacidad de innovación y aprendizaje. · Actitud crítica y propositiva. 	

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 32: MOF Técnico Mecánico

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO POZOS	CÓDIGO DEL CARGO
CARGO: TÉCNICO MECANICO	POZOS-AISJ-MEC-P
1. FUNCIÓN BÁSICA	
Mantener en condiciones operativas los equipos eléctricos del Dpto. Pozs, ejecutando actividades de reparación y mantenimiento de equipos de bombeo, a fin de garantizar el buen funcionamiento de los mismos.	
2.- FUNCIONES ESPECIFICAS	
2.1.- Revisar, reparar y mantener en condiciones de operación los equipos de bombeo.	
2.2.- Apoyar con información técnica en la compra de los repuestos necesarios para el cumplimiento de las órdenes de trabajo y servicio garantizando la disponibilidad de los equipos	
2.3.- Inspeccionar y comprobar el estado de los equipos, según los diferentes catálogos y especificaciones técnicas de los equipos.	
2.4.- Diagnosticar de acuerdo al análisis de causa raíz, las posibles fallas de los equipos.	
2.5.- Realizar monitoreo de condición a los componentes según especificaciones técnicas establecidas.	
2.6.- Reemplazar los componentes que por su estado de falla no permitan continuar con el servicio operativo del equipo..	
2.7.- Verificar el estado de herramientas y equipos asignados para su labor diaria.	
2.8.- Mantener el buen estado de los equipos y efectuar limpieza correspondiente al término de cada jornada.	
2.9.- Informar al Jefe de Mantenimiento las pérdidas, rupturas o desperfectos del equipo para su reparación y/u reemplazo.	
2.10.- Otras tareas asignadas por el Jefe de Mantenimiento.	
3.- REQUISITOS MÍNIMOS	
3.1.- Educación	
<ul style="list-style-type: none"> · Estudios Técnicos en Mecánica de Mantenimiento 	
3.2.- Experiencia	
<ul style="list-style-type: none"> · Experiencia mínima de 02 año en funciones similares al cargo 	
3.3.- Capacidades, habilidades y Aptitudes	
<ul style="list-style-type: none"> · Capacidad de trabajar en equipo y bajo presión. · Capacidad de innovación y aprendizaje. · Actitud crítica y propositiva. 	

Fuente: Elaboración Propia

Los costos de mano de obra se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 33: Costo Mano de Obra para Ejecución del Plan MP

Mano de obra adicional	N°	Sueldo mensual
Tecnico Electricista	1	S/. 1,400.00
Tecnico Mecanico	1	S/. 1,300.00
Operario (Ayudante)	1	S/. 950.00
TOTAL	3	S/. 3,650.00
Horas Disponibles Mensual	HR	208
Costo MO por Hora	S/HR	S/. 17.55
Horas Mantto Preventivo	HR	7418
Costo Plan Mantto Preventivo	SOLES	S/. 130,170.17

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver se va a contratar a un Mecánico y a un Electricista para que realicen los mantenimientos.

En base a estos costos se llegó a determinar que el costo por hora de mantenimiento es S/.17.55, y esto multiplicado por las 7418 horas necesarias para el plan de mantenimiento nos da como resultado S/.130,170.17

4.1.3 Procesos de Mantenimiento para Equipos de bombeo

El departamento de pozos no cuenta con manuales de procedimientos para la ejecución de sus mantenimientos preventivos, para esto se va a proceder al inventario de procedimientos que es un conjunto o secuencias ordenadas de actividades el cual van a dar una idea general al personal de pozos la actividad principal de cada proceso.

Para la elaboración de estos manuales se tendrá en cuenta los siguientes aspectos:

- Nombre del Procedimiento: Nombre o denominación que permitirá al usuario tener una idea general de la naturaleza y actividad principal del procedimiento.

- Descripción de la Actividad: Descripción literal de la actividad que se realiza en cada paso.
- Análisis de actividades: Se coloca una (x) en la casilla correspondiente de acuerdo con el paso descrito
- A continuación se tomará en cuenta la lista de actividades que generan valor agregado y las que no generan valor agregado:

Cuadro N° 34: Actividades de Valor Agregado y Sin VA

DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN	OBSERVACIÓN
OPERACIÓN		VA
COMBINADA		VA
INSPECCION		SVA
TRANSPORTE		SVA
ALMACENAJE		SVA
ESPERA		SVA

Fuente: Elaboración Propia

- Tiempo de demora en el proceso (D): En esta columna se registrará el tiempo correspondiente a las columnas transporte, inspección, almacenaje, demora.
- Tiempo real del proceso (R): En esta se registrará el tiempo correspondiente a las columnas de valor agregado real.
- Observaciones, riesgos y controles: Se registrarán los principales riesgos y controles de las actividades más importantes del procedimiento.
- Indicadores:
 - TA: Total de actividades o número de pasos del procedimiento
 - TASVA: Total de actividades sin valor agregado.
 - %TASVA: $(TASVA/TA) \%$ Porcentaje de actividades sin valor agregado sobre el total de actividades.

D Tiempo de Demora: Sumatoria de todos los tiempos de demora de los diferentes paso del procedimiento

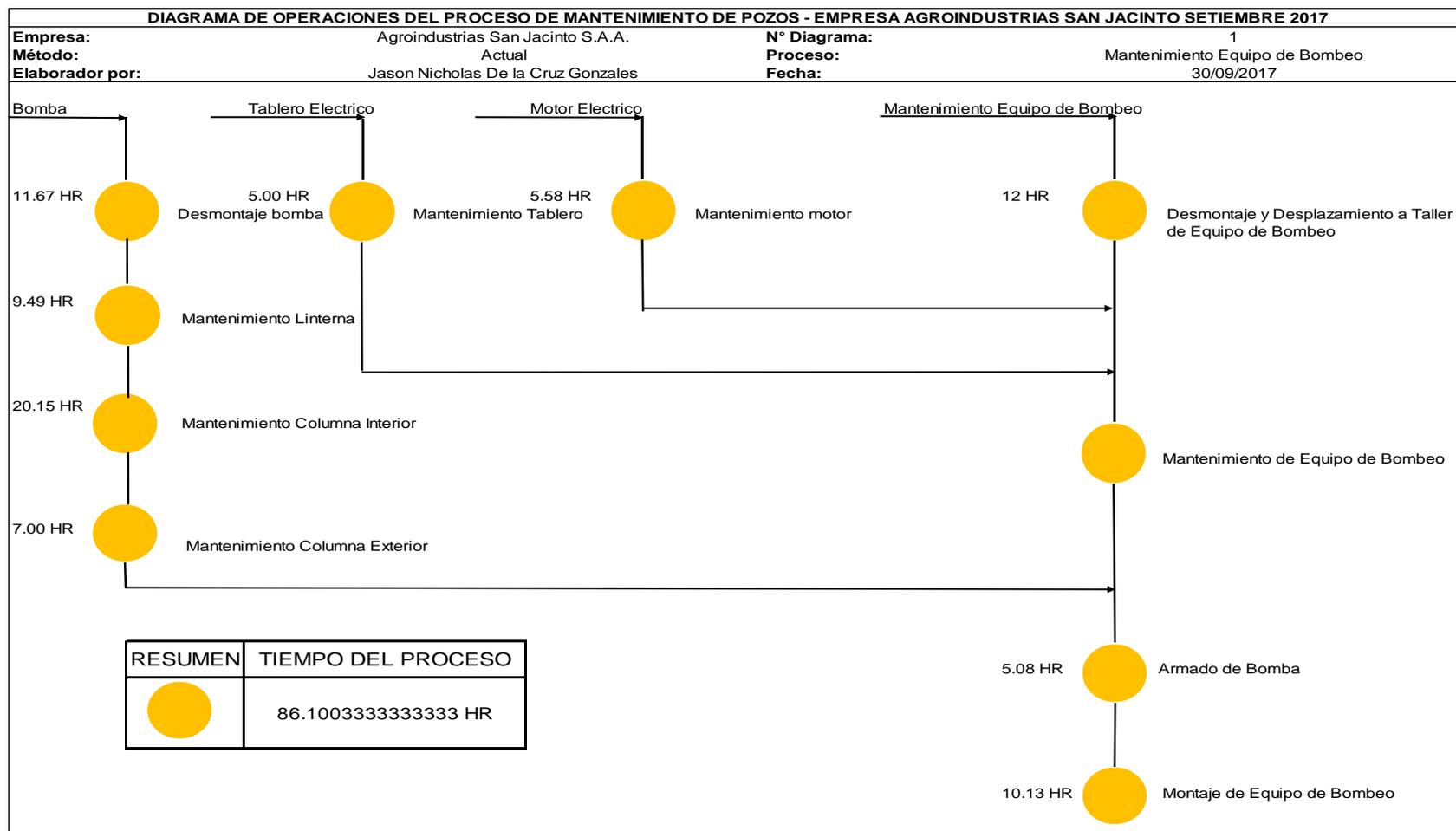
R Tiempo Real del Proceso: Sumatoria de todos los tiempo reales del proceso en cada paso del procedimiento

TP Tiempo del Procedimiento: Sumatoria de todos los tiempos tanto del proceso como de demora de los diversos pasos del procedimiento.

$\%D = (D/TP) \%$ Porcentaje de demora: Muestra la proporción del tiempo de demora frente a la duración total del procedimiento.

Para este caso se hizo la evaluación de tiempos de demora en cada procedimiento de mantenimiento de los equipos de bombeo como se muestra a continuación:

CUADRO N° 35: Diagrama de Operación de Mantenimiento de Pozos (Actual)



Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 36: Procedimiento para Desmontaje y Desplazamiento a taller de Equipo de Bombeo

N°	10.- DESMONTAJE Y DESPLAZAMIENTO A TALLER DE EQUIPO BOMBEO	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Habilitacion y Desplazamiento de Herramienta para Desmontaje de Equ	X			X			0.5	0.5	3 Mec, 1 electricista
2	Desconectar y Desmontar Motor Electrico	X			X			0.5	0.5	01 Electricista de Primera
3	Desmontar Linternas	X			X			0.3	0.1	3 Mec 1 electricista
4	Desmontar Columnas (Exterior e Interior)	X			X			2	3	3 Mec 1 electricista
5	Desmontaje de Bomba (trabajo en Taller)	X			X			0.5	0.1	3 Mec 1 electricista
6	Revisar y Medir de Diametro Tubular							0.5	0.5	01 mecanico
7	Medir Profundidad de Pozo							0.5	0.5	02 Mecanico
8	Medir Nivel Estatico y Dinamico							0.5	0.5	02 Mecanico
9	Desplazamiento a taller de Equipo Bombeo (recorrido) depende distar				X				1	
		5	0	0	6	0	0	5.33	6.67	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	11
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	6
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	55%

TIEMPO DE DEMORA	D	5.33
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	6.67
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	12
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	44%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N°37: Procedimiento para Mantenimiento y Armado de Tablero Eléctrico

N°	20.- DESARMADO - MANTENIMIENTO Y ARMADO DE TABLERO ELECTRICO	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	T	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Desmontar y Cambiar guardamotor o fusibles		X						0.33	01 Electricista de Primera
2	Desmontar y Cambiar temporizador		X						0.25	01 Electricista de Primera
3	Desmontar y Cambiar Contactores		X						0.33	01 Electricista de Primera
4	Desmontar y Cambiar Relé térmico		X						0.17	01 Electricista de Primera
5	Desmontar y Revisar Estación de botonera		X						0.25	01 Electricista de Primera
6	Instalación y cableado de partes	X							0.33	01 Electricista de Primera
7	Limpieza y Pintado de tablero	X							0.42	01 Electricista de Primera
8	Prueba en vacío		X						1.00	01 Electricista de Primera
10	Montaje de fusibles, guardamotor o llave termomagnética	X							0.33	01 Electricista de Primera
11	Montaje de contactores	X							0.75	01 Electricista de Primera
12	Montaje de Relé térmico	X							0.17	01 Electricista de Primera
13	Montaje de temporizados	X							0.17	01 Electricista de Primera
14	Montaje de estación de botoneras	X			X			0.25	0.25	01 Electricista de Primera
		7	6	0	1	0	0	0.25	4.75	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	14
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	1
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	7%

TIEMPO DE DEMORA	D	0.25
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	4.75
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	5
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	5%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N°38: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Motor Eléctrico

N°	30.- DESMONTAJE - MANTENIMIENTO - MONTAJE DE MOTOR ELÉCTRICO	ANÁLISIS DE ACTIVIDADES						ANÁLISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Desmontar y Revisar Rotor		X						0.83	01 Electricista de Primera
2	Desmontar y Cambiar Rodajes	X							0.08	01 Electricista de Primera
3	Desmontar y Revisar Campo Magnético		X						0.08	01 Electricista de Primera
4	Mantenimiento a interior de carcasa de estator, escudo superior, escudo	X							0.25	01 Electricista de Primera
5	Montaje de rotor	X							0.33	01 Electricista de Primera
6	Montaje de campo Magnético	X							1.00	01 Electricista de Primera
7	Montaje interior de carcasa de estator, escudo superior, escudo base	X							0.75	01 Electricista de Primera
8	Secado en el horno	X					X	0.17	0.50	01 Electricista de Primera
9	Prueba en vacío del motor	X					X	0.33	0.50	01 Electricista de Primera
10	Pintado Estructura del motor	X			X			0.15	0.60	01 Electricista de Primera
		8	2	0	1	0	2	0.65	4.93	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	13
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	3
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	23%

TIEMPO DE DEMORA	D	0.65
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	4.93
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	5.58
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	12%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N°39: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Linterna (Cabeza de Descarga)

N°	40.- DESMONTAJE - MANTENIMIENTO - MONTAJE DE LINTERNA (CABEZA DESCARGA)	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Desmontaje de linterna	X			X			0.1	0.3	Mecánico Primera + 02 mecánicos de 2da
2	Revisar Tubo corto de linterna (Cambiar si es Necesario)		X						0.8	01 mecánicos de 2da
3	Limpieza de linterna	X							0.5	01 mecánicos de 2da
4	Revisar Rosca para Pernos de Soporte Motor	X							0.7	01 mecánicos de 2da
5	Revisar Brida de Cabeza Linterna	X							0.3	
6	Revisar y Limpiar Tanque de Lubricacion	X							0.5	
7	Cambiar Gotero Lubricacion	X			X			0.5	0.5	
8	Cambiar Cañería Lubricacion	X						0.5	0.5	
9	Revisar Eje cabecero (Cambiar si es Necesario)		X		X			1.0	0.3	01 mecánicos de 2da
10	Revisar Columna de Bocina Tensora (Cambiar si es Necesario)		X					1.0	0.3	
11	Cambiar Bocina Tensora		X						0.5	
12	Pintado de linterna	X			X			0.2	1.0	
		8	4	0	4	0	0	3.3	6.2	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	16
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	4
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	25%

TIEMPO DE DEMORA	D	3.28
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	6.21
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	9.4933333
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	35%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 40: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Columnas Exterior

N°	50.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE COLUMNAS EXTERIOR	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Revisar Columnas Exteriores (Cambiar si es Necesario)		X		X			0.5	2	02 mecánicos de 2da
2	Revisar Uniones de Columnas Exterior		X					0.5	1	
3	Revisar Rosca de Union de Bomba		X						0.3	02 mecánicos de 2da
4	Aplicación de desoxidante	X							2	02 mecánicos de 2da
5	Pintado de tubería	X			X				0.7	02 mecánicos de 2da
		2	3	0	2	0	0	1	6	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	7
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	2
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	$(TASVA/TA)\%$	29%

TIEMPO DE DEMORA	D	1.00
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	6.00
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	7
PORCENTAJE DE DEMORA	$(D/TP)\%$	14%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 41: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Columnas Interior

N°	60.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE COLUMNAS INTERIOR	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Revisar Ejes de Transmision de Columna Interior		X						0.5	02 mecánicos de 2 ^{da}
2	Limpieza exterior de Columna Interior	X							4	02 mecánicos de 2 ^{da}
3	Desarmado de columnas y bocinas	X							1.5	02 mecánicos de 2 ^{da}
4	Limpieza interior de Columna	X							1.5	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
5	Revisar caras frontales de Columna Interior (Cambiar si es Necesario)		X		X			0.1	0.1	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
6	Traslado de fundas a T.M. para refrentado de caras , si se requiere .				X			0.7		Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
7	Revisar de Eje Transmision (Cambiar si es Necesario)		X		X			0.3	0.2	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
8	Lijado y limpieza de ejes	X							3.0	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
9	Revisar de bocinas , Revisar canal de lubricación (Cambiar si es Necesario)		X						0.5	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
10									0.0	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
11	Revisar Acoplamiento de Eje de Transmision (Cambiar si es Necesario)		X						0.3	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
12	Revisar Caras Columnas Interior (Cambiar si es Necesario)		X						0.3	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
13	Cambiar Estabilizadores de Jebe		X							
14	Limpieza int. y ext. de fundas	X							1.5	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
15	Armado de columnas	X							3.3	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
16	Montaje de ejes en el interior de la columna	X							0.8	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
17	Instalación de bocinas y coples	X							0.3	Mecánico Primera + 01 mecánicos de 2 ^{da}
18	Aplicación de desoxidante	X							0.5	01 mecánicos de 2 ^{da}
19	Pintado de columnas	X			X				0.8	01 mecánicos de 2 ^{da}
		10	7	0	4	0	0	1.1	19	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	21
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	4
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	19%

TIEMPO DE DEMORA	D	1.10
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	19.05
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	20.15
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	5%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 42: Procedimiento para Desmontaje, Mantenimiento y Montaje de Bomba

N°	70.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE BOMBA	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Limpiar exterior de la bomba	X							0.8	01 mecánicos de 1 ^{ra}
2	Revisar de canastilla de succión (Cambiar si es Necesario)		X						0.5	mecánicos de 1 ^{ra} + 01 soldador de Prim
3	Revisar de unión Bomba (Cambiar si Necesario)		X						0.5	01 mecánicos de 1 ^{ra}
4	Cambiar bocina reducción de bomba		X						0.5	mecánicos de 1 ^{ra} + 01 soldador de Prim
5	Revisar de tazón superior (Cambiar)		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}
6	Revisar tapon de arenamiento		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}
7	Cambio pernos de Ajuste tazón inferior	X							0.3	01 mecánicos de 1 ^{ra}
8	Revisar tazón inferior		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}
9	Revisar Impulsores (Cambiar)		X						1.0	01 mecánicos de 1 ^{ra}
10	Cambiar pernos de Ajuste de tazón Intermedios	X							0.7	01 mecánicos de 1 ^{ra}
11	Reviar tazón intermedios (Cambiar)		X						0.3	01 mecánicos de 1 ^{ra}
12	Limpieza y Embocinado de Bocinas de interior de tazones	X							0.8	01 mecánicos de 1 ^{ra}
13	Rectificar Eje Transmision de Bomba (Cambiar si es Necesario)				X		X	2.5		01 mecánicos de 1 ^{ra}
14	Confeccion de Conos (Según Diametro de Eje)			X	X		X	2		01 mecánicos de 1 ^{ra}
15	Aplicación de desoxidante	X							0.5	01 mecánicos de 2 ^{ra}
16	Pintado de bomba	X			X				0.8	01 mecánicos de 2 ^{ra}
		6	8	1	3	0	2	4.5	7.2	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	20
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	6
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	30%

TIEMPO DE DEMORA	D	4.50
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	7.17
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	11.67
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	39%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 43: Procedimiento para Armado de Bomba

N°	80.- ARMADO DE BOMBA	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Traslado de partes de la bomba de Talleres a taller de pozos				X			1		02 mecánicos de 2da
2	Abrir conos de impulsores	X							0.17	01 mecánicos de 2da
3	Limpieza e inspección de partes de bomba (canal de lubricación)		X						0.33	01 mecánicos de 1 ^{ra}
4	Colocar perno de reguladora de carrera en tazón inferior	X							0.08	01 mecánicos de 1 ^{ra}
5	colocar el eje de la bomba	X							0.08	01 mecánicos de 1 ^{ra}
6	Montaje de impulsores y su respectivo cono	X							0.58	01 mecánicos de 1 ^{ra}
7	Montaje y sujeción con pernos de Tazones intermedios	X							1.17	01 mecánicos de 1 ^{ra}
8	Montaje de Tazón superior	X							0.25	01 mecánicos de 1 ^{ra}
9	montaje de bocina de reducción de bomba	X							0.17	01 mecánicos de 1 ^{ra}
10	Montaje de union de bomba	X							0.25	01 mecánicos de 2da
11	Montaje de canastilla de succión de bomba	X							0.33	01 mecánicos de 2da
12	Aplicación de desoxidante	X							0.33	01 mecánicos de 2da
13	Pintado de bomba	X							0.33	01 mecánicos de 2da
		11	1	0	1	0	0	1	4.08	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	13
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	1
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	8%

TIEMPO DE DEMORA	D	1.00
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	4.08
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	5.08
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	20%

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 44: Procedimiento para Montaje de Equipo de Bombeo

N°	90.- MONTAJE DE EQUIPO DE BOMBEO	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES
								D	R	
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)	
1	Traslado de Equipo a Ubicación de Pozo				X			1		3 Mec, 1 electricista
2	Montar Bomba	X			X			0.3	0.5	3 Mecanicos
3	Montar Columnas Externas	X			X			0.3	1.5	3 Mecanicos
4	Montar Columnas Internas	X			X			0.3	1.5	3 Mecanicos
5	Montar linterna	X			X			0.1	0.2	3 Mecanicos
6	Montar Descarga	X			X			0.1	0.2	3 Mecanicos
7	Montar Motor	X			X			0.1	0.5	01 Electricista de Primera
8	Intalar Tablero Electrico	X			X			0.1	0.5	01 Electricista de Primera
9	Prueba de Operación de Equipo de Bombeo	X							0.5	Mecanico de 1", 01 Electricista de Prime
10	Graduacion de Sistema Lubricacion (Gotero)		X						0.3	1 Mecanico
11	Calibracion y Graduacion de Equipo Motor y Bomba		X						0.3	1 Mecanico
12	Medir Caudal (l/ps)			X					0.3	1 Mecanico
13	Medir Nivel Dinamico			X					0.5	2 Mecanicos de 2da
14	Medir Nivel Estatico			X					0.5	2 Mecanicos de 2da
15	Medir Profundidad de Pozo			X					0.2	1 Mecanico
		8	2	4	8	0	0	2.5	7.6	

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	22
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	12
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	55%

TIEMPO DE DEMORA	D	2.53
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	7.60
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	10.13
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	25%

Fuente: Elaboración Propia

Después de analizar los tiempos totales del procedimiento se realizó a verificar los procesos con mayor % demora el cual lo conforman el desmontaje y desplazamiento a taller de equipo de bombeo con (44% demoras en el proceso) y desmontaje, mantenimiento y montaje de bomba con (39% demoras en el proceso)

Cuadro N° 45: % Demora de Procedimientos de Mantenimiento

PROCEDIMIENTO	% DEMORA	TIEMPO DEM (HR)
10.- DESMONTAJE Y DESPLAZAMIENTO A TALLER DE EQUIPO BOMBEO	44%	5.33
70.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE BOMBA	39%	4.5
40.- DESMONTAJE - MANTENIMIENTO - MONTAJE DE LINTERNA (CABEZA DESCARGA)	35%	3.28
90.- MONTAJE DE EQUIPO DE BOMBEO	25%	2.528
60.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE COLUMNAS INTERIOR	5%	1.1
80.- ARMADO DE BOMBA	20%	1
50.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE COLUMNAS EXTERIOR	14%	1.00
30.- DESMONTAJE - MANTENIMIENTO - MONTAJE DE MOTOR ELECTRICO	12%	0.65
20.- DESARMADO - MANTENIMIENTO Y ARMADO DE TABLERO ELECTRICO	5%	0.25

Fuente: Elaboración Propia

Se analizaron finalmente a detalle los 2 procedimientos y se determinó que en desmontaje y desplazamiento a taller de equipo de bombeo se puede reducir los % demora agregando 1 mecánico, 1 electricista y capacitando al personal de pozos para para optimizar los tiempos de registros por mediciones de Niveles Freáticos de los Pozos, además se sugiere renovar el pozometro que se encuentra en mal estado demorando la inspección de este proceso.

Por consiguiente el procedimiento de desmontaje, mantenimiento y montaje de bomba se recomienda tener un stock de repuestos críticos para poder cambiar los ejes de bomba y conos en caso de contingencia ya que mandar a rectificar o enviar a servicio este tipo de repuestos deja inconcluso los mantenimiento de los equipos de bombeo generando demoras y como consecuencia afectando a la disponibilidad de las maquinarias de los pozos de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Cuadro N° 46: Procedimiento Desmontaje y Desplazamiento a taller de Equipo de Bombeo (Con Mejora)

N°	10.- DESMONTAJE Y DESPLAZAMIENTO A TALLER DE EQUIPO BOMBEO	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES	RECOMENDACIONES
								D	R		
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)		
1	Habilitación y Desplazamiento de Herramienta para Desmontaje de Equip	X			X			0.2	0.5	3 Mec, 1 electricista	Agregar 1 Mecanico de 2da
2	Desconectar y Desmontar Motor Eléctrico	X			X			0.2	0.5	01 Electricista de Primera	Agregar 1 Electricista de 2da
3	Desmontar Linternas	X			X			0.3	0.1	3 Mec	Agregar 1 Mecanico de 2da
4	Desmontar Columnas (Exterior e Interior)	X			X			2	3	3 Mec	Agregar 1 Mecanico de 2da
5	Desmontaje de Bomba (trabajo en Taller)	X			X			0.5	0.1	3 Mec	Agregar 1 Mecanico de 2da
6	Revisar y Medir de Diametro Tubular			X				0.2	0.5	01 mecanico	Capacitación
7	Medir Profundidad de Pozo			X				0.3	0.5	02 Mecanico	Capacitación
8	Medir Nivel Estatico y Dinamico			X				0.3	0.5	02 Mecanico	Capacitación
9	Desplazamiento a taller de Equipo Bombeo (recorrido) depende distanci				X				1		
		5	0	3	6	0	0	4.00	6.67		

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	14
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	9
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	64%

TIEMPO DE DEMORA	D	4.00
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	6.67
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	10.67
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	38%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 47: Procedimiento Desmontaje, Mantenimiento, Montaje de Bomba (Con Mejora)

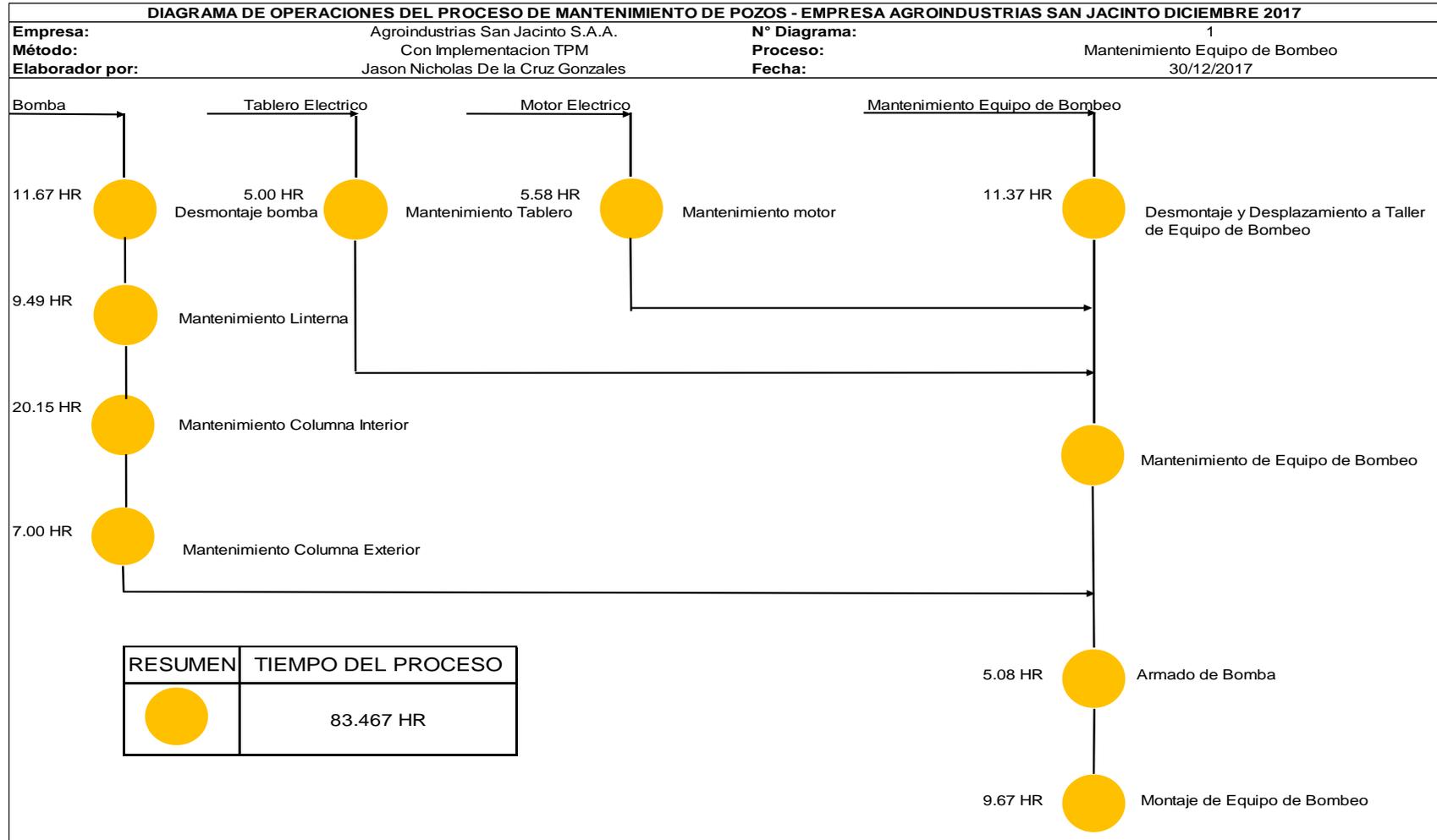
N°	70.- DESMONTAJE-MANTENIMIENTO-MONTAJE DE BOMBA	ANALISIS DE ACTIVIDADES						ANALISIS DE TIEMPO		OBSERVACIONES, RIESGOS Y CONTROLES	RECOMENDACIONES
								D	R		
		OPERACIÓN	COMBINADA	INSPECCION	TRANSPORTE	ALMACENAJE	ESPERA	TIEMPO DEMORA EN EL PROCESO (HR)	TIEMPO REAL DEL PROCESO (HR)		
1	Limpia exterior de la bomba	X							0.8	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
2	Revisar de canastilla de succión (Cambiar si es Necesario)		X						0.5	mecánicos de 1 ^{ra} + 01 soldador de Prim	
3	Revisar de unión Bomba (Cambiar si Necesario)		X						0.5	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
4	Cambiar bocina reducción de bomba		X						0.5	mecánicos de 1 ^{ra} + 01 soldador de Prim	
5	Revisar de tazón superior (Cambiar)		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
6	Revisar tapon de arenamiento		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
7	Cambio pernos de Ajuste tazón inferior	X							0.3	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
8	Revisar tazón inferior		X						0.2	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
9	Revisar Impulsores (Cambiar)		X						1.0	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
10	Cambiar pernos de Ajuste de tazón Intermedios	X							0.7	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
11	Revisar tazón intermedios (Cambiar)		X						0.3	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
12	Limpieza y Embocinado de Bocinas de interior de tazones	X							0.8	01 mecánicos de 1 ^{ra}	
13	Rectificar Eje Transmision de Bomba (Cambiar si es Necesario)				X		X	0.8		01 mecánicos de 1 ^{ra}	Relevo de Repuestos para cambio
14	Confeccion de Conos (Según Diametro de Eje)			X	X		X	0.8		01 mecánicos de 1 ^{ra}	Relevo de Repuestos para cambio
15	Aplicación de desoxidante	X							0.5	01 mecánicos de 2 ^{ra}	
16	Pintado de bomba	X			X				0.8	01 mecánicos de 2 ^{ra}	
		6	8	1	3	0	2	1.6	7.2		

TOTAL DE ACTIVIDADES	TA	20
TOTAL DE ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	TASVA	6
% ACTIVIDADES SIN VALOR AGREGADO	(TASVA/TA)%	30%

TIEMPO DE DEMORA	D	1.6
TIEMPO REAL DE PROCESO	R	7.2
TIEMPO DEL PROCEDIMIENTO	TP	8.8
PORCENTAJE DE DEMORA	(D/TP)%	18%

Fuente: Elaboración Propia

Cuadro N° 48: Diagrama de Operación de Mantenimiento de Pozos (Con Mejora)



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente obtenemos una reducción de gastos generados antes de la realización de manuales de procedimientos de un monto ascendente S/257,427.64 a S/ 146,602.86 consecuencia de las horas perdidas por % demora en los procedimientos que generan mayor pérdida en el departamento de pozos; finalmente con los procedimientos manuales de mantenimiento se obtuvo un beneficio económico de S/ 110, 824.78

Cuadro N° 49: Costo Falta de Procesos de Mantenimiento (Con Mejora)

DESCRIPCION	UND	2016
Demora en atencion de falla	Hr	9.83
N° de fallas en el año	N° Fallas	254
Tiempo perdido (Horas al año)	Hr	2498
Perdida por Hora Deficit Hidrico	Soles/Hr	103.07
Costo Por Tiempo Perdido	Soles	S/. 257,427.64

DESCRIPCION	UND	2016
Demora en atencion de falla	Hr	7.20
N° de fallas en el año	N° Fallas	254
Tiempo perdido (Horas al año)	Hr	1829
Perdida por Hora Deficit Hidrico	Soles/Hr	103.07
Costo Por Tiempo Perdido Con Mejora	Soles	S/. 188,489.39

Beneficio (Soles)	S/. 68,938.25
--------------------------	----------------------

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Adquisición de Equipos Predictivos

A continuación se muestra la lista de equipos necesarios para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Cuadro N° 50: Adquisición de Equipos Predictivos

LISTA DE EQUIPOS	PRECIO UNITARIO	VIDA UTIL (AÑOS)	CANTIDAD	TOTAL
Pozometro Dipper	S/. 2,700.00	5	1	S/. 2,700.00
Multimetro	S/. 1,350.00	5	1	S/. 1,350.00
Meghometro para Motores electricos	S/. 1,850.00	5	1	S/. 1,850.00
Meghometro de Lineas de Media Tension	S/. 10,000.00	10	1	S/. 10,000.00
TOTAL				S/. 15,900.00

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Propuesta Implementación del TPM

El TPM es un programa que nos ayudará a mejorar la productividad de los equipos de bombeo y mantenerlos en disposición para producir a su capacidad máxima. Mejoramos la calidad, el rendimiento y la disponibilidad de la máquina, lo cual lo mediremos finalmente a través de la Eficiencia Global de Equipos (OEE).

El TPM también fomenta la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta, integra al personal mediante actividades en pequeños grupos de trabajo el cual se apoya en el soporte de mantenimiento autónomo creando una cultura de máxima eficacia disminuyendo las paradas innecesarias y como consecuencia aumentando la producción.

Con la implementación del TPM se busca mantener una filosofía de mantenimiento con cero paradas, para lo cual necesitamos la ayuda de la Alta Gerencia y de todos los trabajadores del área de pozos y de toda la empresa.

- Cabe resaltar que el tiempo necesario para completar el programa varía entre 2 a 3 años para lo cual la Gerencia deberá ser constante en el tiempo para cumplir el objetivo del TPM que busca alcanzar la integración en todos los niveles de la estructura organizacional, con el fin de buscar una cultura corporativa que los haga más productivos y generar mayor rentabilidad para la empresa y sus trabajadores.
- Con la implementación del programa 5 "S" se quiere obtener lugares de trabajo con orden, bien organizados y limpios lo cual ayudará a mejorar la productividad de los equipos y generar un lugar más agradable y seguro, reduciendo riesgos de accidentes y reducir gastos de tiempo y energía.

El proceso de este método demanda inversión, tiempo del personal para capacitarlo, lo cual se verá reflejado cuando se culmine la implementación y se justificará lo invertido.

Las actividades TPM producen buenos resultados que contribuyen a reducir los costos de producción y mantenimiento, significa mantener a sus equipos sin pérdidas de rendimiento y operarios motivados.

Estas actitudes se verán reflejados en:

- Equipos con cero averías
- Personal capacitado para la correcta inspección y detección de posibles fallas en los equipos.
- Tener áreas de trabajo para hacer las actividades de forma fácil y segura, lo cual genera un aumento en la productividad.

La meta del TPM es aportar una productividad máxima total y para lograr esta meta, las actividades del mantenimiento autónomo busca que el personal de producción pueda:

- Inspeccionar y chequear el equipo en busca de fallos menores.
- Hacer mejoras continuas y solución de fallos en gestación.
- Establecer check list de las máquinas que operan.
- Comprender los mecanismos de falla de los equipos.

4.1.5.1 Alcance Propuesta TPM

El presente proyecto aplicativo va dirigido al departamento de Pozos de la empresa Agroindustrial San Jacinto con el fin de ver los resultados y aplicarlos en toda la empresa.

4.1.5.2 Implementación TPM

El análisis hecho por la Superintendencia de Operaciones y Cosecha, decidió optar por realizar las capacitaciones, llegando a la conclusión de contratar a un grupo de consultoría externa para la implantación del TPM en el departamento de Pozos.

4.1.5.3 Fases de Implementación

El proyecto de Mantenimiento Productivo Total (TPM) propuesto en el área de Pozos de la empresa Agroindustrial San Jacinto se proyecta desarrollarse en 6 fases, las cuales se llevaran a cabo a través de charlas, capacitaciones, temas de discusión y desarrollo en general, con el fin de educar y crear una cultura basada en el TPM a los miembros del área y de toda la empresa en general.

El programa de implementación TPM estará comprendido en seis fases:

FASE 1: Programas de Educación y campañas para introducir TPM para la Alta Gerencia

FASE 2, Programas de Educación y campañas para introducir TPM en todos los niveles de la empresa

FASE 3, Programas de Gestión de Mantenimiento y Formación de Grupos Autónomos.

FASE 4, Políticas y metas del TPM, análisis de las condiciones existentes

FASE 5, Programa de implementación de las 5 "S".

FASE 6, Aplicación de conocimientos y Experiencias.

4.1.5.3.1 Fase I

Programas de Educación y campañas para introducir TPM para la Alta Gerencia

La duración del curso se proyecta realizarlo en sesiones de 6 horas por 5 días en una semana, tiempo en el cual se pretende dar el entendimiento de la importancia de la implementación del TPM (Mantenimiento Productivo Total), el objetivo de esta etapa es la más importante de todo el proyecto, pues se trata de cómo construir el comité de dirección y con qué estrategias. Para el desarrollo del curso estarán presentes de 6 a 8 personas a los cuales se les entregara material informativo al inicio del curso. El

comité TPM de la empresa será el promotor del proyecto y miembro activo de la puesta en marcha sobre el terreno.

El proyecto de la empresa se identifica como un proceso de cambio, desde una cultura que se quiere abandonar hacia una nueva cultura acorde con las estrategias definidas desde la dirección.

1ERA SESION

Los temas a tratar serán:

- Conceptos de Gestión de Mantenimiento y su evolución.
- Los desafíos de la fabricación actual.
- Conceptos y fuerzas del TPM.

2DA SESION

- Resultados del TPM en el mundo.
- Elaboración de un programa TPM
- El Mantenimiento autónomo

3RA SESION

- Herramientas para el pilotaje del TPM
- Efectividad Global de los Equipos.
- Indicadores de Mantenimiento

4TA SESION

- Análisis de condiciones existentes diagnóstico.
- Técnicas de resolución de problemas

5TA SESION

- Filosofía 5'S
- Instalación de un Programa TPM.

Esta fase se enfoca en introducir los conceptos modernos del mantenimiento y conocer la metodología del TPM y otras disciplinas de Manufactura Esbelta. Los resultados esperados son:

- Facilita la información general del proyecto a los altos mandos.
- Formar a los mandos en la gestión de un proyecto TPM
- Establecer un plan de desarrollo de capacidades a todos los niveles de la organización.

REQUERIMIENTO FASE I

- Equipo Consultor Externo
- Comité TPM:
 - Superintendente de Operaciones y Cosecha: Ing. Jorge Lino Marchena
 - Superintendente de Campo: Ing. Marco Ricasca Zvietcovich
 - Jefe de Pozos
 - Jefe de Operaciones
 - Jefe de Cosecha
 - Jefe de Maquina Agrícola

Cuadro N° 51: Costo Total Fase I

FASE I	DIAS	MATERIAL	VIATICOS
SESION 1	2	240	180
SESION 2	2	240	180
SESION 3	2	240	180
SESION 4	2	240	180
SESION 5	2	240	180
TOTAL	10	S/. 1,200.00	S/. 900.00
TOTAL		S/. 2,100.00	

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3.2 Fase II

Programas de Educación y campañas para introducir TPM en todos los niveles de la empresa

Los miembros del área Pozos se les entrenarán en la aplicación de métodos de mejoramiento continuo. Se les guiará para la preparación de reportes así como su lista de verificación de mantenimiento autónomo que efectuarán ya en la operación normal. Se manejan conceptos de la utilización óptima de recursos

materiales, humanos y metodologías del TPM en tal efecto. Comenzamos el proyecto con los siguientes pasos:

1ERA SESION

- Formar los mandos y técnicos del área de pozos en la gestión de un proyecto TPM.

2DA SESION

- Determinación de niveles de habilidades o conocimientos.
- Conceptos de Mantenimiento Autónomo

3RA SESION

- Evaluación del estado del área de Pozos.
- Establecer las necesidades de entrenamiento para cada nivel.

4TA SESION

- Identificar los conocimientos y habilidades para el desarrollo del TPM.

Al término de esta fase cada participante explica al Comité TPM, lo que descubrió y/o aprendió y sus aportes de cómo resolver los problemas encontrados. Nuevamente se lleva a cabo una junta con el superintendente a cargo y con los consultores externos, para evaluar capacidades de los participantes.

REQUERIMIENTO FASE II:

- Se desarrollaran en 2 días por sesión dirigido por el equipo de consultoría externa en las instalaciones de Agroindustrias San Jacinto en sesiones de 4 horas para realizar la campaña masiva de introducción al TPM, para esta fase máximo estarán 8 personas.
- Equipo Consultor Externo
- Comité TPM:
 - Jefe Departamento de Pozos: Ing. Román Flores Romero
 - Asistente SAP: Ing. Jason De la Cruz Gonzales
 - Supervisor de Pozos: Nemesio Quiñones Delgado

- Mecánico de Pozos: Carlos Figueroa Leandro
- Personal del Área de Pozos

Cuadro N° 52: Costo Total Fase II

FASE II	DIAS	MO	MATERIAL	COFFE BREAK
SESION 1	2	832	100	100
SESION 2	2	832	100	100
SESION 3	2	832	100	100
SESION 4	2	832	100	100
TOTAL	8	S/. 3,328.00	S/. 400.00	S/. 400.00
TOTAL		S/. 4,128.00		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3.3 Fase III

Programas de Gestión de Mantenimiento y Formación de Grupos Autónomos.

Los mandos del departamento de pozos aprenden más acerca de las funciones de los equipos de bombeo.

Aprenden a definir lo que pueden deteriorarse en el equipo y prever posibles fallos en la operación si no se hace el mantenimiento adecuado. Aprenden a ver no solo el equipo sino toda su área de influencia.

Se establecen las metas de mantenimiento autónomo por parte de los mismos participantes junto con las estrategias de implementación.

Esta fase se desarrollará en las siguientes actividades:

1ERA SESION

- Descubrimiento de problemas a través de la limpieza inicial.
- Implantación de la 5 "S".
- Estándares de limpieza y lubricación.

2DA SESION

- Preparación, puesta a punto e inspección del equipo piloto

- Análisis, selección y evaluación de los indicadores de mantenimiento a ser utilizados.

3ERA SESION

- Inspección autónoma
- Sensibilización del personal del área piloto

Al término de esta fase el personal de pozos desarrollará talleres de entrenamiento teórico-práctico con el fin de evaluar los temas aprendidos en el desarrollo de esta fase.

REQUERIMIENTO FASE III:

- Se desarrollaran en 2 días por sesión dirigido por el equipo de consultoría externa en las instalaciones de Agroindustrias San Jacinto en sesiones de 4 horas para implicar al personal de pozos en el mantenimiento diario y a los operarios que utilizan los equipos de bombeo, para esta fase máximo estarán 8 personas.
- Superintendente de Operaciones y Cosecha: Ing. Jorge Lino Marchena
- Jefe Departamento de Pozos: Ing. Roman Flores Romero
- Asistente SAP: Ing. Jason De la Cruz Gonzales
- Supervisor de Pozos: Nemesio Quiñones Delgado
- Mecánico de Pozos: Carlos Figueroa Leandro
- Personal de Pozos

Cuadro N° 53: Costo Total Fase III

FASE III	DIAS	MO	MATERIAL	COFFE BREAK
SESION 1	2	832	100	100
SESION 2	2	832	100	100
SESION 3	2	832	100	100
TOTAL	6	S/. 2,496.00	S/. 300.00	S/. 300.00
TOTAL		S/. 3,096.00		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3.4 Fase IV

Políticas y metas del TPM, análisis de las condiciones existentes

En esta fase a los operadores se le enseña la filosofía del TPM, se les entrena en la formación de grupos autónomos de mantenimiento y, además se le muestran los beneficios que traerá la implementación del TPM.

En esta fase se realizan políticas basadas en el mantenimiento autónomo como:

- Estándares de inspección para limpieza y lubricación
- Estándares de limpieza y lubricación
- Estándares para registrar datos
- Estándares para mantenimiento de piezas y herramientas.

Basados en sus propias experiencias, son apoyados por personal de consultoría externa para identificar, verificar y realizar inspecciones lo cual les ayudará a:

- Identificar y eliminar fuentes de contaminación.
- Identificar áreas inaccesibles que dificultan su labor.
- Recomendar mejoras para facilitar la inspección y la operación.
- Llevar a cabo la lubricación, ajustar tornillos flojos.
- Identificar, documentar y corregir situaciones anormales.
- Identificar, elementos claves para incluir en la inspección.
- Implementar controles visuales para simplificar la inspección y evitar errores.

Esta fase se tomara dos sesiones:

1ERA SESION

- Definición de la Filosofía del TPM.
- Actividades de los Grupos Autónomos de Mantenimiento.

2DA SESION

- Autogestión, desarrollos adicionales de políticas y metas

REQUERIMIENTO FASE IV:

- Adiestramiento de 4 horas por grupo, cada sesión tendrá una duración de 3 días.
- Se tomará al personal de pozos en dos grupos, los cuales estarán integrados por operadores de campo y trabajadores de mantenimiento del área.

Cuadro N° 54: Costo Total Fase IV

FASE IV	DIAS	MO	MATERIAL	COFFE BREAK
SESION 1	3	1248	300	150
SESION 2	3	1248	300	150
TOTAL	6	S/. 2,496.00	S/. 600.00	S/. 300.00
TOTAL		S/. 3,396.00		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3.5 Fase V

Programa de implementación de las 5 “S”.

Se da comprender la importancia de la filosofía 5 “S” como base del TPM a través de ejemplos cotidianos y talleres para que el grupo se motive a proponer mejoras sencillas, el objetivo de ésta capacitación es cambiar hábitos y formar competencia en los trabajadores.

1ERA SESION

- Definición de la filosofía de la 5’S.
- Beneficios de la implementación de las 5’S.

2DA SESION

- Implementación en el área de Pozos.

REQUERIMIENTO FASE V:

- Se desarrollaran en 2 días por sesión dirigido por el equipo de consultoría externa en las instalaciones de Agroindustrias San

Jacinto en sesiones de 4 horas para implicar al personal de pozos en el mantenimiento diario y a los operarios que utilizan los equipos de bombeo, para esta fase máximo estarán 8 personas.

- Superintendente de Operaciones y Cosecha.
- Coordinador de TPM.
- Jefe de Pozos.
- Asistente SAP.
- Personal de Pozos

Cuadro N° 55: Costo Total Fase V

FASE V	DIAS	MO	MATERIAL	COFFE BREAK
SESION 1	2	832	200	100
SESION 2	2	832	200	100
TOTAL	4	S/. 1,664.00	S/. 400.00	S/. 200.00
TOTAL		S/. 2,264.00		

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.3.6 Fase VI

Aplicación de conocimientos y Experiencias.

Esta fase se inicia con el lanzamiento del proyecto TPM, aplicando los conocimientos y experiencias adquiridas en las fases anteriores, está dirigida a todo el personal de pozos ya que de su activa participación depende el éxito del TPM.

Implementación de TPM

- Lanzamiento y arranque del modelo TPM.
- Implementación de las 5'S
- Evaluación de los grupos autónomos de mantenimiento.
- Medición y control de las variables que conforman la eficiencia global de producción (Disponibilidad, Rendimiento y Calidad).
- Medición permanente del valor indicador OEE (Eficiencia Global de Producción)

Requerimiento de la fase VI:

- Superintendente Operaciones y Cosecha.

- Planificador de Pozos.
- Coordinador TPM
- Jefe de Pozos
- Personal del Área de Pozos.

Cuadro N° 56: Costo Total Fase VI

FASE VI	DIAS	MO	MATERIAL	COFFE BREAK
SESION 1	2	832	300	100
SESION 2	3	1248	300	100
TOTAL	5	S/. 2,080.00	S/. 600.00	S/. 200.00
TOTAL		S/. 2,880.00		

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra el costo total de implementar el Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Cuadro N° 57: Costo Total Desarrollo Fases TPM

COSTO DESARROLLO FASES TPM	VALOR
FASE I	S/. 2,100.00
FASE II	S/. 4,128.00
FASE III	S/. 3,096.00
FASE IV	S/. 3,396.00
FASE V	S/. 2,264.00
FASE VI	S/. 2,880.00
TOTAL	S/. 17,864.00

Fuente: Elaboración Propia

Además se contemplarán los costos de las capacitaciones que se brindará al personal técnico del área de pozos para culminar con su formación y sean de utilidad para la iniciación de la Propuesta TPM, a continuación se muestra el costo del programa de capacitación:

Cuadro N° 58: Costo Total Programa de Capacitación

Agroindustrias San Jacinto S.A.A.		Programa de Capacitación - Dpto. Pozos		
ITEM	TEMAS	MATERIAL	DURACION	COSTO
1	Procedimiento de Mantenimiento Correctivo	Diapositivas y hoja informativa	03 horas	S/. 650.00
2	Procedimiento de Mantenimiento Preventivo	Diapositivas y hoja informativa	06 horas	S/. 650.00
3	Principales fallas de los equipos	Diapositivas y hoja informativa	03 horas	S/. 650.00
4	Detectar y análisis de fallas	Diapositivas y hoja informativa	06 horas	S/. 650.00
5	Mantenimiento Motores Trifasicos	Diapositivas y hoja informativa	08 horas	S/. 1,040.00
6	Mantenimiento Tableros eléctricos	Diapositivas y hoja informativa	08 horas	S/. 1,040.00
7	Mantenimiento de Bombas Turbinas	Diapositivas y hoja informativa	08 horas	S/. 1,040.00
8	Mantenimiento de Transformadores	Diapositivas y hoja informativa	08 horas	S/. 1,040.00
9	Tecnicas predictivas	Diapositivas y hoja informativa	06 horas	S/. 1,300.00
10	Lubricacion y limpieza de equipos	Diapositivas y hoja informativa	04 horas	S/. 650.00
11	Manejo adecuado de Herramientas	Diapositivas y hoja informativa	02 horas	S/. 650.00
TOTAL				S/. 9,360.00

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5.4 Beneficios de la Implementación TPM

- Se obtendrá mayor interrelación entre personal de pozos y operadores de campo para lograr una mayor eficiencia en la producción de los equipos de bombeo.
- Permitirá simplificar la inspección y procesos de mantenimiento.
- Se reducirán tiempos de mantenimiento basándose en inspecciones periódicas.
- Permitirá desarrollar que el personal de mantenimiento y operadores generen listas de chequeo para mejor conocimiento de sus equipos.
- Se hará que el personal de pozos y operadores de campo se vuelvan más hábiles para descubrir y corregir defectos menores de los equipos.

- Se desarrollarán habilidades en el personal de pozos para hacer verificaciones periódicas del equipo y detectar posibles fallas a tiempo.
- Finalmente como resultado de los conocimientos adquiridos y experiencias obtenidas en el proyecto TPM, el personal de pozos podrá desarrollar mejoras continuas para incrementar la productividad y confiabilidad de los equipos.

4.1.6 Adquisición de Herramientas

A continuación se muestra la lista de Herramientas necesarios para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM):

Cuadro N° 59: Adquisición de Herramientas

ITEM	COD. SAP	DESCRIPCION	CTD	UM	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	6583923	ESLINGA POLYESTER 2" X 1.50MT 3 CAPAS 3.5 TN	2	UND	30	60
2	6583924	ESLINGA POLYESTER 2" X 2.00MT 3 CAPAS 3.5 TN	2	UND	30	60
3	6583925	ESLINGA POLYESTER 2" X 2.50MT 3 CAPAS 3.5 TN	2	UND	30	60
4	6579407	ESLINGA POLYESTER 1"X 1 M 3 CAPAS 2.1 TN	2	UND	25	50
6	9505143	CINTA METRICA (WINCHA) AC. INOXIDABLE 5M	9	UND	55	495
8	9504460	NIVEL MAGNETICO 60CM(24") 3 BURB 0.5MM/M	2	UND	60	120
10	5001707	PISTOLA PULVERIZAR	2	UND	120	240
11	6031121	LLAVE STILSON TIPO RECTA TAMAÑO 10"	2	UND	32	64
12	9501242	LLAVE STILSON TIPO RECTA TAMAÑO 14"	2	UND	51	102
13	9501518	LLAVE STILSON TIPO RECTA TAMAÑO 24"	6	UND	84	504
14	9501231	LLAVE AJUSTABLE O FRANCESA RECTA 12"	2	UND	36	72
15	9510804	LLAVE CADENA DE 2" - 8"	2	UND	900	1800
17	6526742	CABLE EXTRAFLEXIBLE P/SOLDAR 1/0 AWG	30	M	17	510
18	5555094	PORTAELECTRODO 600A	3	UND	65	195
19	9504453	JGO LLAVES MIXTAS 12PTS 3/8-3/4 X 7PZ	2	UND	46	92
20	9501996	JGO LLAVES ALLEN MM/PULG X 21 PZ STANLEY	2	UND	30	60
21	9509060	LLAVE HEXAGONAL ALLEN 19mm	2	UND	27	54
22	9509071	LLAVE HEXAGONAL ALLEN 22mm	2	UND	43	86
23	9502006	ALICATE UNIVERSAL 9" 84-154 STANLEY	3	UND	30	90
24	9504209	ALICATE CORTE LATERAL C/AISL 6" 1000V	2	UND	39	78
25	6528762	TORNILLO DE BANCO DE 8" C/BASE GIRATORIA	2	UND	400	800
26	9504231	ARCO SIERRA P/METAL TURBOCUT STANLEY 12"	2	UND	54	108
27	6578720	DRIZA NYLON DE 3/8" PU	50	M	0.7	35
28	6511434	SOGA DE NYLON 5/8"	20	M	2	40
29	6519322	AMOLADORA ANGULAR 4.1/2" 720 W 11000RPM	1	UND	200	200
30	9501933	JGO DESTORNILLADOR AISLADOS 1000V X 7 PZ - STANLEY	2	UND	60	120
31	9502078	ALICATE PRESION CURV 84-368 STANLEY 95IB	2	UND	23	46
32	9510921	JGO DESTORNILLADOR ELECTRICO	1	UND	70	70
33	9511039	DESTORNILLADOR PLANO 1/4 X 6"	1	UND	20	20
34	9501477	DESTORNILLADOR ESTRELLA 1/4 X 6"	1	UND	20	20
35	9511038	DESTORNILLADOR PLANO 12"	1	UND	30	30
36	9501476	DESTORNILLADOR ESTRELLA 12"	1	UND	30	30
37	9504208	KIT PINZAS SACA SEGURO/ORING - PR50A	1	UND	450	450
38	9506511	POLIPASTO ELECTRICO D/CADENA NER 2TN-6M	1	UND	4000	4000
39	9506512	POLIPASTO ELECTRICO D/CADENA NER 3TN-6M	1	UND	6000	6000
TOTAL						S/. 16,761.00

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 5
EVALUACIÓN
ECONÓMICA
FINANCIERA

5.1. Evaluación Económica Financiera

5.1.1. Beneficio Económico con Propuesta TPM

Para la evaluación económica primero vamos a determinar los beneficios generados de implementar la propuesta, se muestra a continuación el Costo Lucro Cesante diagnosticado versus el CLC de implementar TPM, obteniendo una rentabilidad de S/ 210,799.45

CUADRO N° 60: Rentabilidad con Propuesta TPM

DESCRIPCION	MONTO
CLC ACTUAL	S/. 1,591,703.92
CLC CON TPM	S/. 1,380,904.48
RENTABILIDAD	S/. 210,799.45

Fuente: Elaboración Propia

5.1.2. Inversión para la Propuesta TPM

Para la implementación del TPM se requiere determinar el costo que la empresa tiene que invertir para el desarrollo la propuesta, a continuación se muestran los costos de inversión obtenidos en el capítulo anterior para la implementación del proyecto TPM:

CUADRO N° 61: Inversión Propuesta TPM

INVERSION PROPUESTA TPM	VALOR
COSTO IMPLEMENTACION PLAN MP	S/. 130,170.17
ADQUISICION EQUIPOS PREDICTIVOS	S/. 15,900.00
ADQUISICION DE HERRAMIENTAS	S/. 16,761.00
COSTO DESARROLLO DE FASES TPM	S/. 17,864.00
COSTO IMPLEMENTACION DEL TPM	S/. 72,476.00
COSTO PROGRAMA DE CAPACITACIÓN	S/. 9,360.00
TOTAL	S/. 262,531.17

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO N° 62: Evaluación Económica Financiera – Propuesta Implementación TPM

EVALUACION ECONOMICA FINANCIERA - IMPLEMENTACION TPM

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO ACTUAL	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704	1,591,704
COSTO CON MEJORA	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904	1,380,904
RENTABILIDAD	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799	210,799

Periodo	AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial												
- Inversión en equipo, obras, servicios e instalaciones		-262,531										
Inversión total (I)		-262,531	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujos operativos después de impuestos												
+ ΔVentas (precio y cantidad)			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
- ΔCosto de producción (inc. deprec.)		204,267.25	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267
ΔUtilidad bruta		204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267
- ΔGastos de Ventas												
- ΔGastos de Marketing												
- ΔGastos de Administración												
ΔUtilidad Operativa		204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267	204,267
- Part. de trabajadores %	10.0%	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427	-20,427
- Imp. a la renta %	15.0%	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704	-33,704
ΔUtilidad operativa d. i.		150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136	150,136
+ ΔDepreciación		5,532	5,532	5,532	5,532	5,532	5,532	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Flujo de caja operativo (II)		155,669	155,669	155,669	155,669	155,669	155,669	151,136	151,136	151,136	151,136	151,136
Flujo de caja total (I)+(II)		-262,531	155,669	155,669	155,669	155,669	155,669	151,136	151,136	151,136	151,136	151,136

Payback	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujos a valor presente	-262,531	139,040	124,187	110,921	99,072	88,488	76,735	68,538	61,216	54,677	48,836
Flujos a valor presente acumulado	-262,531	-123,492	695	111,616	210,687	299,176	375,911	444,448	505,664	560,341	609,177
Payback años		0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Resultados	
WACC	11.96%
VAN (SOLES)	609,177
TIR	58.55%
PAYBACK (Años)	1.99
PAYBACK (meses)	23.93
B/C	2.32

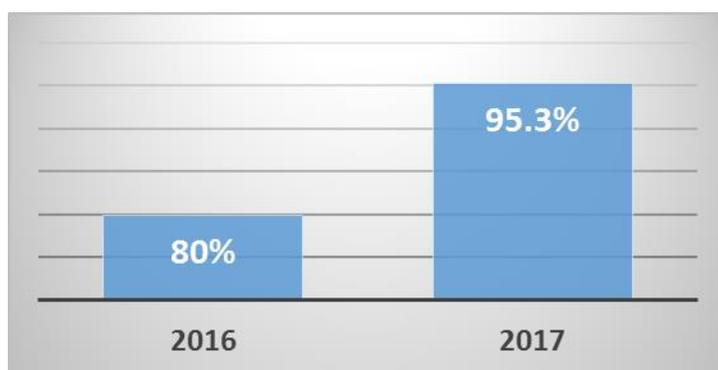
Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO 6
RESULTADOS Y
DISCUSION

6.1. Resultados

- ✓ Con la propuesta de implementación TPM en el área de pozos, el personal técnico incrementará sus habilidades para mejorar la productividad de los equipos de bombeo en la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.
- ✓ Con el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo las disponibilidad de los equipos de bombeo incrementará de 80% a 95.3% obteniendo un aumento de producción de 963.87 TCB, lo cual representa un aumento en cantidad de bolsas de azúcar que se producirán por año lo cual asciende en un beneficio económico de 103,116.20 soles.

Cuadro N°63: %Disponibilidad con Propuesta de Mejora



Elaboración: Fuente Propia

- ✓ Con el desarrollo de un manual de procedimientos se logrará disminuir en un 27% los tiempos de demora en atención por mantenimiento, lo cual permitirá realizar grandes ahorros para la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.

Cuadro N°64: %Reducción tiempos de Demora con Propuesta de Mejora

Demora en Atención de Falla Actual	9.83	HR
Demora en Atención de Falla con Mejora	7.20	HR
% Reducción	27%	

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ El VAN (Valor Actual Neto) de implementar TPM en el departamento de pozos nos da a conocer la rentabilidad de nuestro proyecto lo cual es una cifra positiva que asciende en un monto de 609,177 soles
- ✓ El TIR (Tasa Interna de Retorno) es de 58.55% lo cual es mayor que la tasa de descuento WACC=11,96%, donde tenemos que el $TIR > WACC$ lo cual nos indica que la implementación del proyecto TPM es rentable.
- ✓ El payback es de 1.99 años lo cual justifica invertir en un proyecto que nos dará grandes beneficios económicos.
- ✓ El costo/beneficio del proyecto TPM es de 2.32 lo cual nos dice que la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. por cada sol invertido obtendrá un beneficio de 1.32 soles

Cuadro N°65: Resultado Evaluación Económica de Implementar TPM

Resultados	
WACC	11.96%
VAN (SOLES)	609,177
TIR	58.55%
PAYBACK (Años)	1.99
PAYBACK (meses)	23.93
B/C	2.32

Fuente: Elaboración Propia

6.2. Discusión

- ✓ En este estudio de investigación se detectó que existen irregularidades en la aplicación del mantenimiento, ya que solo aplican el mantenimiento correctivo, porque no cuentan con registros técnicos, ni conocimientos acerca de gestión de mantenimiento y manufactura esbelta, que les permita desarrollar y llevar un control preventivo de los equipos de bombeo orientado a cero defectos como lo implantado por una propuesta TPM. Esto ha generado altos costos de mano de obra y recursos. Teniendo como principal problema, el no contar con un Plan de Mantenimiento Preventivo el cual hará incrementar la disponibilidad de los equipos de bombeo aumentando la rentabilidad económica de la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A.
- ✓ Por lo tanto podemos concluir que el TPM, es un factor importante en la vida económica de un equipo, por lo que un plan bien definido producirá una extensión de la vida útil de los componentes del equipo y reducirá los costos innecesarios de mano obra y recursos.

CAPITULO 7

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- ✓ La propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento basado en el TPM tiene un impacto fuerte en la prevención del mantenimiento de los equipos de bombeo, ya que se adecuan medidas y procedimientos que buscan reducir a cero las fallas correctivas manteniendo los equipos en las mejores condiciones de funcionamiento obteniendo la máxima productividad de éstos y como consecuencia generando mayor rentabilidad para la empresa.
- ✓ En el diagnóstico de la situación actual del departamento de pozos se detectó los principales problemas que afectan a la rentabilidad de la empresa como lo es no contar con una plan de mantenimiento preventivo el cual permite que el personal se sensibilice con la importancia de mantener medidas adecuadas de prevención, evitando así paros imprevistos por fallas menores, que con el tiempo representa grandes ahorros en mantenimiento.
- ✓ Contando con un plan basado en la criticidad de los equipos de bombeo se pudo detectar los equipos que generaban altos costos de mantenimiento y evitar priorizar tareas de mantenimiento que no afectan mucho a la rentabilidad de la empresa.
- ✓ Con la implementación de una filosofía basada en las 5'S permitirá crear una cultura organizacional en la cual exista un sentido de pertenencia por el estado de la empresa donde el personal del área de pozos se vea involucrados en generar mayor productividad a la empresa Agroindustrias San Jacinto S.A.A. con aportación de mejoras continuas en los procesos, evitando así menos averías, menos movimientos y traslados inútiles y finalmente se obtenga un lugar de trabajo con mayor compromiso de los trabajadores y responsabilidad en las tareas.
- ✓ Con la propuesta de implementación del TPM y el plan de Mantenimiento Preventivo se logró reducir el número de fallas en un 80% lo cual a su vez incrementó la disponibilidad de los equipos de bombeo de 79.9% a 95.3% lo cual ha permitido generar mayores ingresos por ventas por un monto ascendente de S/ 103,116.20

7.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda implementar el plan de mantenimiento preventivo propuesto en el desarrollo de la tesis con la finalidad de conservar la mantenibilidad de los equipos de bombeo y reducir costos excesivos generados por los mantenimientos correctivos.
- ✓ Se propone utilizar los formatos de documentación de registros históricos de los mantenimientos de los equipos para un mejor control y monitoreo de los equipos de bombeo y llevar a cabo el desarrollo de indicadores y verificar finalmente la evolución de la empresa a través de la OEE (Eficiencia Global de Equipos).
- ✓ Se recomienda poner en marcha el programa de capacitación del personal técnico tanto como operativo para mejorar las capacidades y habilidades del personal al momento de realizar los mantenimientos.
- ✓ Se recomienda que los equipos sean plaqueados y codificados para mejor identificación a la hora de llevar un control y monitoreo.
- ✓ Se recomienda mejorar la comunicación interna entre los operadores y personal de mantenimiento para mejor planificación de los mantenimientos sin afectar los procesos de riego en campo.
- ✓ Por último se recomienda a la gerencia optar por implantar nuevas metodologías como el TPM con el fin de incentivar y comprometer no sólo al personal del área de pozos sino a todas las áreas de la empresa con el fin de obtener la máxima eficiencia en sus procesos para generar mayor rentabilidad.

Bibliografía

- Duffuaa, D. (2000). Google Académico. Recuperado el 27 de Abril de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/39849085/Sistemas-de-Mantenimiento-Duffua-y-Otros>
- Escandon, N. (2015). *Mantenimiento Productivo Total (TPM)*. Obtenido de <http://slideplayer.es/slide/3906685/>
- Gallego, C. (2012). *Que es productividad*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/cristianstiveng1/que-es-productividad>
- García, S. (2010). Google Académico. Recuperado el 26 de Abril de 2016, de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=gestion+de+mantenimiento+libro&ots=UdF93ovLWo&sig=OtOvz_fvls96lJvaoM9o9qpL4Ek#v=onepage&q=gestion%20de%20mantenimiento%20libro&f=false
- Gómez, F. (1998). Recuperado el 26 de Abril de 2016, de https://books.google.com.pe/books?id=bOrFC3532MEC&pg=PA21&dq=definicion+de+mantenimiento&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjYjMig76_MAhVLOiYKHcOdBb4Q6AEIlzAA#v=onepage&q=definicion%20de%20mantenimiento&f=false
- Lean Sigma. (2014). *TPM*. Obtenido de <http://es.slideshare.net/lean-sigma/tpm-mantenimiento-productivo-total-38152388>
- Lopez, I. (2013). *Gestión de mantenimiento*. Obtenido de <https://www.clubensayos.com/Temas-Variados/Mantenimiento/878018.html>
- Gómez, C. (2001). *Mantenimiento Productivo Total. Una visión global*. Las Canarias, España
- Díaz, I. (2008). *Desarrollo de un espacio virtual formativo sobre Mantenimiento Productivo Total*. España.
- Cuatrecasas, L. y Torrel, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. España: Profit.
- Álvarez, H. (2012). *Informe de investigación: Teoría del TPM*. Centro de Conocimiento TPM. Barcelona, España.
- Rey, F. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TMP): proceso de implantación y desarrollo*. Madrid, España: Fundación Confemetal.

- Silva, J. (2005). Implantación del TPM en la zona de enderezadoras de Aceros Arequipa. Piura, Perú. Recuperado de: <http://pirhua.udep.edu.pe/>
- Layme Romero, R. (2014). Propuesta de mejora del Plan de Mantenimiento basado en el RCM en la línea de extrusión 1. Lima, Perú. Recuperado de: http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/336943/1/layme_rr.pdf
- Galván Moreno, D. (2012). Análisis de la implementación del mantenimiento productivo total (TPM) mediante el modelo de opciones reales. (Tesis de Maestría en Ingeniería: Optimización financiera). Universidad Autónoma Nacional de México, México, D. F., México.
- Puerto Fonseca, O. F. (2009). Propuesta de un modelo para la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) de primer nivel con aplicación en la industria manufacturera. (Tesis de grado: Especialista en Gerencia de Mantenimiento). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.
- Ministerio de Desarrollo Económico (1999). Programa de capacitación y certificación del sector de agua potable y saneamiento básico. Operaciones y mantenimiento de pozos para acueductos. México: Sena Publicaciones.

ANEXOS

Anexo 1. Determinación de pérdidas como consecuencia de la gestión inadecuada del mantenimiento.

TONELADA DE CAÑA BRUTA (TCB) PERDIDOS POR DEFICITS HIDRICOS

*Para producir un TCB se utiliza 200m3 brutos	200	M3/Tcb
*El rendimiento promedio bolsas 2016	2.26	Bolsas/Tcb
*Costo de producción TCB sin Bagazo y melaza	137	Soles/Tcb
*Costo de producción TCB incluido Bagazo y melaza	77	Soles/Tcb

PRODUCCION	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
M3 perdidos por déficit hídrico	93,744.00	16,416.00	110,073.60	94,867.20	90,720.00	64,454.40	140,572.80	66,096.00	138,240.00	204,681.60	96,076.80	159,753.60	1,275,696.00
TCB perdidos por déficit hídrico	468.72	82.08	550.37	474.34	453.60	322.27	702.86	330.48	691.20	1,023.41	480.38	798.77	6,378.48
Bolsas x TCB	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26	2.26
Ingresos (S/.)	101,808.94	18,179.08	121,895.50	107,539.45	113,072.50	80,962.89	176,320.46	83,055.07	174,956.54	259,507.61	122,810.75	205,072.50	1,565,181.30
Cantidad de bolsas 50 KG	1,059.31	185.50	1,243.83	1,072.00	1,025.14	728.33	1,588.47	746.88	1,562.11	2,312.90	1,085.67	1,805.22	14,415.36
Precio bolsa 50 KG	96.11	98.00	98.00	100.32	110.30	111.16	111.00	111.20	112.00	112.20	113.12	113.60	107.25
Costo Total (S/.) 1	28,408.62	4,974.78	33,357.22	28,749.00	27,492.21	19,532.56	42,599.84	20,030.04	41,892.90	62,027.67	29,115.56	48,412.48	386,592.90
Costo de producción TCB sin Bagazo y Melaza	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61	60.61
Costo Total (S/.) 2	15,966.89	2,796.05	18,748.22	16,158.20	15,451.83	10,978.16	23,942.98	11,257.76	23,545.64	34,862.27	16,364.22	27,209.93	217,282.14
Costo de producción TCB incluido Bagazo y Melaza	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06	34.06
Utilidad Neta (S/.) 1	73,400.32	13,204.30	88,538.28	78,790.45	85,580.29	61,430.33	133,720.62	63,025.03	133,063.65	197,479.94	93,695.18	156,660.02	1,178,588.40
Utilidad Neta (S/.) 2	85,842.05	15,383.03	103,147.29	91,381.25	97,620.67	69,984.73	152,377.49	71,797.31	151,410.90	224,645.35	106,446.52	177,862.57	1,347,899.16
Perdidas por déficit Hídrico (S/.)	79,621.19	14,293.67	95,842.79	85,085.85	91,600.48	65,707.53	143,049.05	67,411.17	142,237.27	211,062.64	100,070.85	167,261.29	1,263,243.78

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: Encuesta Aplicada

ENCUESTA DE MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

Área: Pozos

Problema : Baja rentabilidad

Nombre: _____ Área: _____

Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en e problema de la baja rentabilidad

Valorización	Puntaje
Alto	3
Medio	2
Bajo	1
Nulo	0

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE PRIORIDAD QUE AFECTEN LA RENTABILIDAD:
CAUSA () ALTO () MEDIO () BAJO

Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación			
		Alto	Medio	Bajo	Nulo
Cr1	Falta de personal especializado para algunas OT de mantenimiento				
Cr2	Falta de un MOF				
Cr3	Falta de capacitación al área de Mantenimiento				
Cr4	Falta de mantenimiento preventivo				
Cr5	Falta de equipos para detección de fallas				
Cr6	Falta de herramientas de trabajo				
Cr7	Falta de control de calidad de los requerimientos (repuestos)				
Cr8	Falta de gestión de Inventarios				
Cr9	Falta de un proceso de mantenimiento				
Cr10	Falta de procedimientos de trabajo				
Cr11	Falta de gestión de la documentación de mantto.				
Cr12	Falta de Orden y limpieza				
Cr13	No consideran Normas Medio Ambientales				
Cr14	Manipulación inadecuada de Equipos y herramientas				
Cr15	Enfoque de gestión errada (no existe cultura de inversión)				
Cr16	Selección inadecuada de proveedores				
Cr17	Falta de un enfoque o modelo de gestion				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Reporte Materia Prima 2016

MES	CAÑA BRUTA	MATERIA EXTRAÑA	CAÑA NETA	EDAD PROM	HAS. CORT.	%FIBRA	%POL	%RED	A96° H&E	RENDIM.	TCH	TCHM	TA96°H	TA96°HM
ENE	73,113.72	4.80	69,604.69	19.80	459.61	14.64	13.43	0.76	8,693.66	118.91	159.08	8.03	18.92	0.96
FEB	74,446.63	4.74	70,921.50	19.13	442.40	14.72	12.95	0.89	8,362.95	112.33	168.28	8.80	18.90	0.99
MAR	74,304.86	4.30	71,111.86	17.45	487.38	14.69	11.87	1.05	7,347.87	98.89	152.46	8.74	15.08	0.86
ABR	32,585.13	4.69	31,056.45	17.44	180.22	14.88	11.28	0.98	2,786.87	85.53	180.81	10.37	15.46	0.89
MAY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
JUN	51,963.93	4.73	49,507.55	19.18	336.15	15.34	12.21	0.74	5,464.51	105.16	154.59	8.06	16.26	0.85
JUL	79,967.19	4.65	76,249.59	18.51	472.56	15.04	12.34	0.78	8,583.32	107.34	169.22	9.14	18.16	0.98
AGO	79,420.00	4.51	75,837.72	17.28	537.22	14.82	13.33	0.58	9,204.10	115.89	147.84	8.55	17.13	0.99
SEP	85,389.66	4.91	81,196.69	17.77	557.33	14.84	13.44	0.57	10,225.65	119.75	153.21	8.62	18.35	1.03
OCT	87,016.55	5.03	82,639.37	18.43	550.91	15.01	13.72	0.56	10,663.96	122.55	157.95	8.57	19.36	1.05
NOV	90,071.50	4.83	85,723.79	18.11	680.48	14.76	13.39	0.55	10,749.62	119.35	132.36	7.31	15.80	0.87
DIC	75,357.45	5.62	71,125.81	17.00	541.04	14.27	13.22	0.54	8,744.21	116.04	139.28	8.19	16.16	0.95
AC.	803,636.62	4.81	764,975.03	18.19	5,245.30	14.80	12.97	0.70	90,826.72	113.02	153.21	8.42	17.32	0.951825

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°04: Formato Aviso de Mantenimiento

AVISO DE MANTENIMIENTO			
Área		No. Aviso	
		No. OT	
		Fecha	
Solicitante		Hora	
DESCRIPCION DE LA FALLA			
DATOS DEL EQUIPO			
Equipo		Cod. SAP	
CAUSA RAIZ			
Firma Mecanico Responsable		Firma Supervisor de Mantto	

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°05: Formato Orden de Trabajo (OT)

ORDEN DE TRABAJO					
Tipo de Mantenimiento Marcar (X)	Correctivo Emergencia		N° AVISO		
	Correctivo Programado		N° OT		
	Preventivo		Fecha de inicio		
	Overhaul		Fecha de termino		
DESCRIPCIÓN ORDEN DE TRABAJO					
MATERIALES Y/O REFACCIONES					
Concepto	Unidad	Cantidad	P.U	Importe	
Costo total de MATERIALES					
REGISTRO DE TIEMPO					
Fecha	Hora inicio	Hora termino	T. utilizado	Costo HH	Importe
Costo total de MO					
Costo Total MO + MAT					
OBSERVACIONES					
SUPERVISOR DE MANTTO RESPONSABLE					
Nombre y firma			Cargo		
CATALOGO DE FALLAS					
Mecánica	Eléctrica	Electrónica	Otros		

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°06: Formato Control Costo Mantenimiento Correctivo

DATOS EQUIPO			EJECUTADO			COSTO MANTTO CORRECTIVO						
Semana	N° Int	Denominacion	F.INICIO	F. FIN	Contador (HR)	Orden PM	N° Dias Parados	N° Horas en Mantto	Costo MO (S/.)	Costo MAT. (S/.)	Costo SRV (S/.)	Costo Total Mantto (S/.)

Fuente: Elaboración Propia

Anexo N°07: Formato Control Costo Mantenimiento Preventivo

DATOS EQUIPO			PROGRAMA			EJECUTADO			PROG VS. EJECUT.	COSTO MANTTO PREVENTIVO						
Semana	N° Int	Denominacion	F. INICIO	F. FIN	Contador (HR)	F.INICIO	F. FIN	Contador (HR)	Desviacion (HR)	Orden PM	N° Dias Parados	N° Horas en Mantto	Costo MO (S/.)	Costo MAT. (S/.)	Costo SRV (S/.)	Costo Total Mantto (S/.)

Fuente: Elaboración Propia