

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LAS ESTACIONES DE CAPTACIÓN  
E IMPULSIÓN DE LA EMPRESA SEDA JULIACA S.A.”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**ANTHONY ALEX MAMANI FOROCCA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO - PERU**

**2017**

## UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
SISTEMAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECANICA ELECTRICA

**“ESTUDIO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LAS ESTACIONES DE  
CAPTACIÓN E IMPULSIÓN DE LA EMPRESA SEDA JULIACA S.A.”**

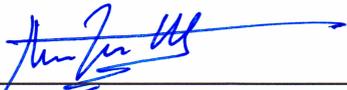
TESIS PRESENTADA POR:

**ANTHONY ALEX MAMANI FOROCCA****PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERO  
MECÁNICO ELECTRICISTA****FECHA DE SUSTENTACIÓN: 01/02/2017**

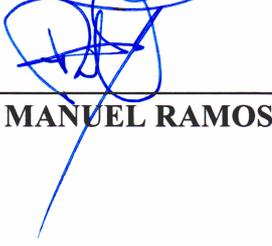
APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE** :   
M.Sc. ALEJANDRO MATEO SALINAS MENA

**PRIMER MIEMBRO** :   
M.Sc. MARIO MAMANI PAMPA

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
M.Sc. JOSÉ ANTONIO VARGAS MARÓN

**DIRECTOR DE TESIS** :   
Dr. JESÚS NORMAN BELTRÁN CASTAÑÓN

**ASESOR DE TESIS** :   
M.Sc. JOSÉ MANUEL RAMOS CUTIPA

Área : Electricidad

Tema : Eficiencia energética

PUNO – PERU

2017



## AGRADECIMIENTO

Mis agradecimientos es a mi alma mater a la Universidad Nacional del Altiplano Puno – UNAP y docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por la enseñanzas impartidas y experiencia en nuestra formación no solo en el desarrollo académico y técnico de los cursos, así como también en la dedicación de brindarnos los conocimientos adecuados y fundamentales para nuestra realización profesional como profesionales competentes e íntegros para servir a la sociedad.

A mis padres Dr. Felipe Mamani Coyla, a mi madre Prof. Petronila Forocca Sanca, hermano Luis Felipe Mamani Forocca y sobre todo a mi novia Maribel Cama Mamani, por su apoyo incondicional en todo momento.

También deseo expresar mi agradecimiento a mis asesores en especial al ing. José Manuel Ramos Cutipa e ing. Reynaldo Yucra Condori por su orientación para realizar la tesis, Al supervisor de Osinergmin ing. Jhimmy Alberth Quisocala Herrera por su constante motivación Al gerente de operaciones. Ing. Nancy Guerra Días y gerente de ingeniarías ing. Luis Aguilar Coaquira de Seda Juliaca S.A.

### **DEDICATORIA**

El presente trabajo lo dedico en primer lugar a Dios porque a Él le debemos todo a mis padres Dr. Felipe Mamani Coyla y sobre todo a mi madre Prof. Petronila Forocca Sanca por su gran esfuerzo, dedicación para darme grandes satisfacciones a través de sus enseñanzas, argumentos que me sirvieron de gran estímulo y supieron formar el profesional que hora soy, les doy las gracias y estoy eternamente agradecido.

## INDICE

RESUMEN .....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUCCIÓN .....	20
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	22
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.1.1. PROBLEMA GENERAL.....	26
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS. ....	26
1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA. ....	26
1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA. ....	27
1.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA. ....	27
1.2.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL. ....	27
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	28
1.3.1. OBJETIVO GENERAL. ....	28
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	28
MARCO TEÓRICO .....	29
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN. ....	29
2.1.1 ANTECEDENTE 1.....	29
2.1.2 ANTECEDENTE 2.....	30
2.1.3 ANTECEDENTE 3.....	31
2.1.4 ANTECEDENTE 4.....	32
2.2. SUSTENTO TEÓRICO.....	33

2.2.1. EVALUACION DE EFICIENCIA ELECTRICA.....	33
2.2.1.1. MOTOR ELECTRICO.....	33
2.2.1.2. EFICIENCIA DE MOTORES ELECTRICOS.....	34
2.2.1.3. FACTOR DE CARGA NOMINAL.....	35
2.2.1.4. DEPRECIACION DE EFICIENCIA.....	36
2.2.1.5. DEPRECIACION DE EFICIENCIA EN FUNCION DE LA DIFERENCIA DE VOLTAJE.....	36
2.2.1.6. DEPRECIACION EN FUNCION AL DESBALANCE DE VOLTAJE.....	37
2.2.1.7. REDUCCION DE EFICIENCIA EN FUNCION AL DESBALANCE DE CORRIENTE.....	38
2.2.1.8. VOLTAJE DE ALIMENTACION DIFERENTE DEL NOMINAL.....	39
2.2.1.9. DISMINUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE.....	39
2.2.1.10. COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.....	40
2.2.1.11. REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.....	43
2.2.1.12. ARMÓNICOS.....	43
2.2.1.13. TARIFAS ELÉCTRICAS.....	44
2.2.1.14. TRANSFORMADOR.....	49
2.2.2. EVALUACION DE EFICIENCIA HIDRAULICA.....	51
2.2.2.1. BOMBAS HIDRÁULICA.....	51
2.2.2.2. EFICIENCIA DE LA BOMBA.....	51
2.2.2.3. CARGA TOTAL DE BOMBEO.....	53
2.2.2.4. POTENCIA MANOMETRICA.....	54
2.2.2.5. PERDIDAS EN TUBERIAS.....	55
2.2.3. EFICIENCIA ELECTROMECHANICA.....	58
2.2.4. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	59
2.2.4.1. CONFIABILIDAD.....	59

2.2.4.2. CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	61
2.2.4.3. MODELO MATEMÁTICO DE WEIBULL.....	63
2.2.4.4. MODOS Y EFECTOS DE FALLAS. ....	74
2.2.4.5. COSTO EVITADO. ....	76
2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS. ....	78
2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	82
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL. ....	82
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.....	82
2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	82
2.5.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	82
2.5.2. EL PROBLEMA. ....	82
2.5.3. VARIABLES.....	83
2.5.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA. ....	83
DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	84
3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	84
3.1.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA.....	84
3.1.1.1. ACTIVIDADES DE CAMPO.....	86
3.1.2. METODOLOGÍA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.....	89
3.1.2.1. CONFIABILIDAD OPERACIONAL CO. ....	90
3.1.2.2. PASOS DE IMPLANTACIÓN DEL RCM. ....	92
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.....	96
3.2.1. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN. ....	96
3.2.2. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01. ....	97

3.2.3. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02. ....	97
3.2.4. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03. ....	98
3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN. ....	98
3.3.1. DATOS GENERALES.....	98
3.3.2. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN. ....	100
3.3.3. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01. ....	101
3.3.4. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02. ....	102
3.3.5. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03. ....	102
3.3.6. FILTROS A PRESIÓN.....	103
3.3.7. SUB ESTACIÓN Y CASA DE FUERZA. ....	103
3.3.8. CASA QUÍMICA. ....	104
3.3.9. ALMACENAMIENTO. ....	104
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN. ...	105
3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	106
ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	107
4.2. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS. ....	107
4.2.1. DATOS PARA LA HIPÓTESIS N°01. ....	107
4.2.1.1. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA PTAP. ....	108
4.2.1.2. DATOS ELÉCTRICOS TOMADOS EN CAMPO. ....	109
4.2.1.3. PRODUCCIÓN DE AGUA DE LA PTAP. ....	110
4.2.1.4. DATOS HIDRÁULICOS TOMADOS EN CAMPO ....	114
4.2.2. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA HIPÓTESIS N° 01. ....	116

4.2.2.1. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA. ....	116
4.2.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA.....	123
4.2.2.3. EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO.....	127
4.2.3.DATOS PARA LA HIPÓTESIS N°02. ....	130
4.2.3.1. DATOS TÉCNICOS. ....	130
4.2.3.2. HISTORIAL DE FALLAS EN LA PTAP. ....	131
4.2.3.3. COSTO DE EQUIPOS .....	131
4.2.3.4. COSTO DE OPERACIÓN .....	131
4.2.3.5. COSTO DE PRODUCCIÓN.....	132
4.3. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	133
4.3.1.DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA HIPÓTESIS N° 02.....	133
4.3.1.1. MODOS DE FALLAS. ....	133
4.3.1.2. DESCOMPOSICIÓN DE EQUIPO. ....	134
4.3.1.3. TEST DE TENDENCIA DE LAPLACE. ....	135
4.3.1.4. MODELO MATEMÁTICO DE WEIBUL. ....	136
4.3.1.5. TEST DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV. ....	137
4.3.1.6. FUNCIONES DE WEIBUL.....	138
4.3.1.7. OPTIMIZACIÓN. ....	141
4.3.1.8. EVALUACIÓN PREVENTIVO VS CORRECTIVO. ....	143
4.4. RESULTADOS PARA LA HIPÓTESIS 1. ....	144
4.5. RESULTADOS PARA LA HIPÓTESIS 2. ....	145
4.5.1. PLAN DE MANTENIMIENTO.....	146

4.6. DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN.....	147
CONCLUSIONES .....	150
SUGERENCIAS .....	152
BIBLIOGRAFÍA .....	153
ANEXOS .....	154

**INDICE DE CUADROS**

CUADRO N° 1: RESULTADO DEL ANTECEDENTE N° 2.....	31
CUADRO N° 2: DEPRECIACIÓN DE EFICIENCIA.....	36
CUADRO N° 3: OPCIONES TARIFARIAS EN MT .....	48
CUADRO N° 4: PERDIDAS EN TRANSFORMADOR EN BASE A SU CAPACIDAD NOMINAL.....	50
CUADRO N° 5: VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE .....	83
CUADRO N° 6: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE CAPTACIÓN .....	96
CUADRO N° 7: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01 .....	97
CUADRO N° 8: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02.....	97
CUADRO N° 9: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03.....	98
CUADRO N° 10: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE CAPTACIÓN .....	101
CUADRO N° 11: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01 .....	101
CUADRO N° 12: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02.....	102
CUADRO N° 13: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE LA ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03.....	102
CUADRO N° 14: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE FILTROS A PRESIÓN .	103
CUADRO N° 15: CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROBOMBAS DE CAPTACIÓN .....	103
CUADRO N° 16: CARACTERÍSTICAS DE LOS RESERVORIOS.....	104
CUADRO N° 17: INSTRUMENTO PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.....	105
CUADRO N° 18: TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS .....	106

CUADRO N° 19: COMPARACIÓN DE ENERGÍAS .....	108
CUADRO N° 20: DATOS ELÉCTRICOS TOMADOS EN CAMPO .....	109
CUADRO N° 21: PRODUCCIÓN DE AGUA DE LA PTAP .....	110
CUADRO N° 22: CAUDAL PRODUCIDO .....	112
CUADRO N° 23: PRODUCCIÓN DE IMPULSIÓN N° 2.....	114
CUADRO N° 24: DATOS HIDRÁULICOS TOMADOS EN CAMPO.....	115
CUADRO N° 25: PÉRDIDAS EN TRANSFORMADORES .....	118
CUADRO N° 26: CALCULO DE PÉRDIDAS EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	119
CUADRO N° 27: CALCULO DE EFICIENCIA DE BOMBAS, CARGA EN TUBERÍAS.....	120
CUADRO N° 28: POTENCIA INSTALADA OPERATIVA .....	121
CUADRO N° 29: EVALUACIÓN TARIFARIA .....	123
CUADRO N° 30: CALCULO DE EFICIENCIA MOTOR Y BOMBA DE ALTA EFICIENCIA .....	125
CUADRO N° 31: MEJORA DE LA OPERACIÓN .....	126
CUADRO N° 32: EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO .....	127
CUADRO N° 33: EVALUACIÓN DE AHORRO ESPERADO .....	128
CUADRO N° 34: EVALUACIÓN DE LOS AHORROS (BALANCE DE ENERGÍA ESPERADO) ...	129
CUADRO N° 35: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO Y TASA DE RETORNO .....	130
CUADRO N° 36: DATOS TÉCNICOS .....	131
CUADRO N° 37: HISTORIAL DE FALLAS.....	131
CUADRO N° 38: PRECIO APROXIMADO DE EQUIPO .....	131
CUADRO N° 39: COSTO DE OPERACIÓN .....	131
CUADRO N° 40: COSTO DE PRODUCCIÓN .....	132
CUADRO N° 41: COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	132
CUADRO N° 42: COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	133
CUADRO N° 43: MODOS DE FALLAS DE ELECTROBOMBA .....	133
CUADRO N° 44: DESCOMPOSICIÓN DE EQUIPOS .....	134

CUADRO N° 45: CALCULO DE TEST TENDENCIA DE LAPLACE.....	136
CUADRO N° 46: MODELAMIENTO MATEMÁTICO DE WEIBULL .....	136
CUADRO N° 47: TENDENCIA DE LA LAPLACE.....	137
CUADRO N° 48: CALCULO DEL TEST DE KOLMOGOROC SMIRNOV .....	138
CUADRO N° 49: MODELAMIENTO DE FUNCIONES DE WEIBUL.....	138
CUADRO N° 50: CÁLCULO DE OPTIMIZACIÓN DE COSTO VS MANTENIMIENTO.....	141
CUADRO N° 51: COSTO DE MP .....	143
CUADRO N° 52: COSTO DE MC.....	144
CUADRO N° 53: RESULTADOS DE LA HIPÓTESIS N° 01 .....	144
CUADRO N° 54: RESULTADOS DE LA HIPÓTESIS N° 02 .....	145
CUADRO N° 55: MODO DE FALLA DE LA BOMBA .....	145
CUADRO N° 56: PLAN DE MANTENIMIENTO Y TAREA DE MANTENIMIENTO .....	146

## INDICE DE GRAFICOS

GRAFICO N° 1: CONSUMO DE ENERGÍA PTAP EN (SOLES/MES).....	23
GRAFICO N° 2: CONSUMO DE ENERGÍA EN (KWH/SOLES).....	23
GRAFICO N° 3: DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA PTAP.....	24
GRAFICO N° 4: EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD DE MANTENIMIENTO.....	25
GRAFICO N° 5: COMPARACIÓN DE EFICIENCIA EN MOTORES.....	35
GRAFICO N° 6: DEPRECIACIÓN DE EFICIENCIA EN FUNCIÓN A LA DIFERENCIA DE VOLTAJE .....	37
GRAFICO N° 7: DEPRECIACIÓN EN FUNCIÓN AL DESBALANCE DE VOLTAJE.....	38
GRAFICO N° 8: DISMINUCIÓN DE PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE.....	40
GRAFICO N° 9: ILUSTRACIÓN DE HORA FUERA DE PUNTA.....	45
GRAFICO N° 10: PERDIDAS EN TRANSFORMADORES EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA .	50
GRAFICO N° 11: DIAGRAMA ENERGÉTICO GLOBAL DE LAS BOMBAS CENTRIFUGAS .....	52
GRAFICO N° 12: COSTO DEL PRODUCTO VS CONFIABILIDAD.....	60
GRAFICO N° 13: CURVA DE LA BAÑERA “IDEALIZADA”.....	61
GRAFICO N° 14: FUNCIÓN DENSIDAD DE FALLA (F).....	65
GRAFICO N° 15: FUNCIÓN DISTRIBUCIÓN ACUMULADA DE FALLAS (F).....	66
GRAFICO N° 16: FUNCIÓN RIESGO (R).....	68
GRAFICO N° 17: FORMAS DE FUNCIÓN RIESGO (R).....	68
GRAFICO N° 18: MÉTODO DE PLOTEO DE INTERVALO DE CONFIANZA.....	70
GRAFICO N° 19: TEST LINEAL.....	71
GRAFICO N° 20: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 1.....	72
GRAFICO N° 21: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO 2.....	73
GRAFICO N° 22: COSTO TOTAL ESPERADO POR UNIDAD DE TIEMPO-2.....	74
GRAFICO N° 23: IMPACTO DE LOS COSTOS EN EL CICLO DE VIDA.....	77

GRAFICO N° 24: METODOLOGÍA PARA REALIZAR LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA .....	85
GRAFICO N° 25: ESQUEMA GENERAL DE IMPLANTACIÓN DEL RCM .....	90
GRAFICO N° 26: ESQUEMA GENERAL DE IMPLANTACIÓN DEL RCM .....	90
GRAFICO N° 27: ESQUEMA GENERAL DE IMPLANTACIÓN DEL RCM .....	91
GRAFICO N° 28: FLUJO GRAMA DE IMPLANTACIÓN DEL RCM .....	92
GRAFICO N° 29: FALLAS FUNCIONALES .....	93
GRAFICO N° 30: DEMANDA DE ENERGÍA EN (KW/H) .....	108
GRAFICO N° 31: PRODUCCIÓN DE PLANTA .....	111
GRAFICO N° 32: CAUDAL PRODUCIDO .....	111
GRAFICO N° 33: PRODUCCIÓN TOTAL EN VOLUMEN .....	113
GRAFICO N° 34: PRODUCCIÓN DE IMPULSIÓN N° 2 .....	113
GRAFICO N° 35: PÉRDIDAS ENERGÉTICAS TÍPICAS EN LOS COMPONENTES	
ELECTROMECÁNICOS DE UN SISTEMA DE AGUA .....	116
GRAFICO N° 36: BALANCE DE ENERGÍA DEL SISTEMA .....	117
GRAFICO N° 37: BALANCE DE ENERGÍA CON PÉRDIDAS .....	122
GRAFICO N° 38: EVALUACIÓN TARIFARIA .....	124
GRAFICO N° 39: EVALUACIÓN SIN HORA PUNTA .....	127
GRAFICO N° 40: AHORRO ESPERADO .....	128
GRAFICO N° 41: BALANCE DE ENERGÍA ESPERADO .....	129
GRAFICO N° 42: CALCULO DE LA FUNCIÓN DENSIDAD DE FALLA .....	139
GRAFICO N° 43: CALCULO DE LA FUNCIÓN PROBABILIDAD ACUMULADA DE FALLA ...	139
GRAFICO N° 44: CALCULO DE LA FUNCIÓN CONFIABILIDAD .....	140
GRAFICO N° 45: CALCULO DE LA FUNCIÓN RIESGO .....	140
GRAFICO N° 46: CALCULO OPTIMIZACIÓN COSTO DE PRODUCCIÓN VS CONFIABILIDAD	143

**INDICE DE FIGURAS**

FIGURA N° 1: MOTOR ELÉCTRICO .....	33
FIGURA N° 2: COMPENSACIÓN EN LAS SALIDAS BT (TGBT) .....	41
FIGURA N° 3: COMPENSACIÓN A LA ENTRADA .....	42
FIGURA N° 4: COMPENSACIÓN EN LOS BORNES DE CADA RECEPTOR DE TIPO INDUCTIVO	43
FIGURA N° 5: FACTORES DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL .....	62
FIGURA N° 6: ANÁLISIS MODOS Y EFECTO DE FALLA.....	75
FIGURA N° 7: CONDICIONES DE OPERACIÓN .....	122

**INDICE DE ANEXOS**

ANEXO N° 1: CONSUMO ELÉCTRICO DE LA PTAP.....	155
ANEXO N° 2: CUADRO DE DECISIÓN DEL RCM.....	156
ANEXO N° 3: PANEL FOTOGRÁFICO .....	157
ANEXO N° 4: EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DEL TRANSFORMADOR .....	159
ANEXO N° 5: CRITICIDAD DE EQUIPAMIENTO .....	160
ANEXO N° 6: CRITICIDAD DE MOTOR ELÉCTRICO .....	161
ANEXO N° 7: EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE BOMBAS HORIZONTALES .....	162
ANEXO N° 8: EVALUACIÓN DE CRITICIDAD DE BOMBA VERTICAL.....	163
ANEXO N° 9: FICHAS TÉCNICAS DEL TRANSFORMADOR Y BOMBAS .....	164
ANEXO N° 10: PLAN DE MANTENIMIENTO PTAP .....	171
ANEXO N° 11: CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO.....	195
ANEXO N° 12: MATRIZ DE CONSISTENCIA .....	197
ANEXO N° 13: PLANOS DE LA PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE .....	198

## RESUMEN

Mediante el estudio de eficiencia energética se determinó cuánto es el porcentaje de eficiencia de las electrobombas, la productividad de la división de mantenimiento y cómo influyen en los costos de operación en la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A. Se encontró un ahorro estimado de s/. 363,312.22 al año, que es el 24.53 % de ahorro energético, con un retorno de la inversión en 5.9 años. Con el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se puede llegar a una confiabilidad óptima del 60.15%, evitando una pérdida en producción y reparación del equipo de s/. 93,912.7 teniendo así un beneficio de s/ 80,406.0, con un mantenimiento preventivo con un costo de s/. 13,507.2. Con los resultados se elaboró el expediente técnico con una inversión de s/. 1,953,045.68

**Palabras clave:** (Eficiencia energética, confiabilidad, electrobomba, pérdida de producción, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, optimización, falla)

## ABSTRACT

Through the study of energy efficiency, it was determined how much is the percentage of efficiency of the electric pumps, the productivity of the maintenance division and how they influence the operating costs in the drinking water treatment plant of the company SEDA JULIACA S.A. An estimated saving of s /. 363,312.22 per year, which is 24.53% energy saving, with a return on investment of 5.9 years. With the maintenance plan focused on reliability, an optimum reliability of 60.15% can be achieved, avoiding a loss in production and equipment repair of s /. 93,912.7 thus having a benefit of s / 80,406.0, with preventive maintenance at a cost of s /. 13,507.2. With the results, the technical file was prepared with an investment of s /. 1, 953,045.68

**Keywords:** (energy efficiency, reliability, electric pum, lost of production, maintenance, prventive, maintenance corrective, optimization, failure)

## INTRODUCCIÓN

La investigación está relacionado con la empresa prestadora de servicio y saneamiento de agua potable, en la cual se trata de realizar un estudio sobre la eficiencia energética en sistemas de bombeo, esto consiste en conseguir más resultados con menos recursos, lo cual se traduce en menores costos de producción, más productos con menos desperdicio y menos consumo de energía eléctrica,

Con la contribución de una investigación de como optimizar sistemas de bombeo de agua tratada mediante diagnósticos energéticos en área industrial y producción, con la aplicación de nuevas tecnologías más eficientes en los sistemas de bombeo, accionamiento, control y medición. Desde el punto de vista técnico, el estudio e investigación sobre eficiencia energética en sistemas de bombeo de agua tratada, en nuestro país es una necesidad creciente, debido que la mayoría de plantas de tratamiento de aguas de las regiones del país son de los años 1950 a 1960, habiendo una ineficiencia en los equipos ya instalados y sistemas de medición y control.

Los sistemas de gestión de mantenimiento son importantes hoy en día en las empresas que dan un valor agregado a un producto, aumentar la confiabilidad y operatividad incurren a aumentar la vida útil de los equipos de impulsión y eso conlleva a un ahorro económico

El estudio de investigación de optimización por medio de la eficiencia energética es de rápido impacto una vez evaluado e instalada la tecnología más apropiada reduciendo en un porcentaje los costos de consumo de electricidad.

Teniendo en cuenta la problemática actual respecto a problemas energéticos y la búsqueda constante de hacer más eficiente la planta de tratamiento, este proyecto de tesis

da una solución a corto plazo al problema energético con calidad de energía y a la vez alargado la vida útil de los equipos de bombeo.

El estudio de investigación de optimización por medio de la eficiencia energética es de rápido impacto una vez evaluado e instalada la tecnología más apropiada reduciendo en un porcentaje los costos de consumo de electricidad.

Teniendo en cuenta la problemática actual respecto a problemas energéticos y la búsqueda constante de hacer más eficiente la planta de tratamiento, este proyecto de tesis da una solución a corto plazo al problema energético con calidad de energía y a la vez alargado la vida útil de los equipos de bombeo.

Estimación de reducción en los costos de operación e incrementar la confiabilidad operacional de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A

Estimación de Incremento la eficiencia eléctrica y mecánica en los equipos electromecánicos en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.

Determinar las políticas y estrategias del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.

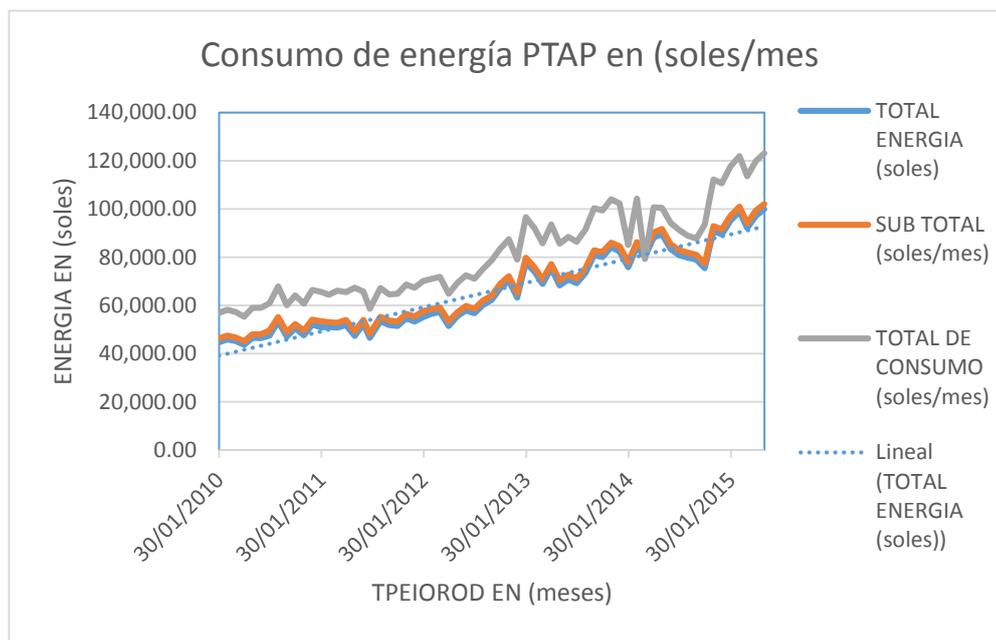
## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad la planta de tratamiento de agua potable tiene un alto consumo de energía eléctrica el cual es de 336,200 Kw/h, 58,117 Kar/h con una facturación de consumo de 110,686.65 soles y producción de 897.528 m<sup>3</sup> a enero de 2014 con respecto de 910,286 m<sup>3</sup> de producción con un consumo de 351,390.5 kw/h, 56,532.85 Kvar/h facturación de 118,124.36 soles a diciembre de 2014 como es proporcional a la producción de agua respecto a años anteriores en enero de 2013 y 1012 s tuvo una factura eléctrica de s/. 96,552.45 y s/. 70,177.95 respectivamente y en la última facturación en mayo de 2015 con s/. 123,053.23.

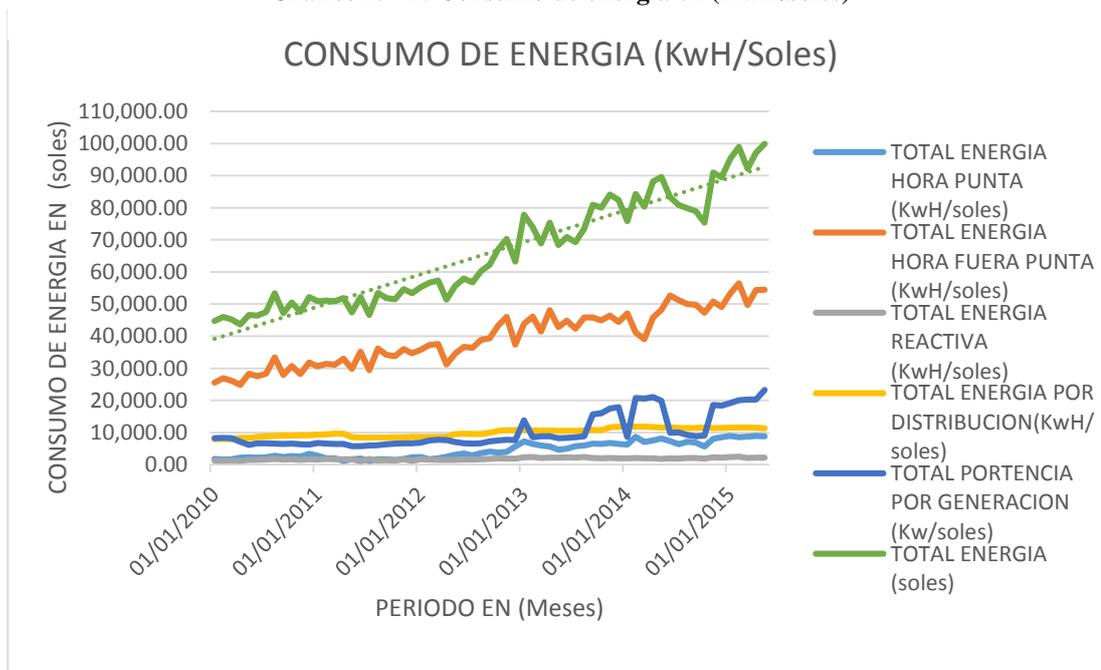
**Grafico N° 1: Consumo de energía PTAP en (soles/mes)**



**Elaboración: Propia**

Las estaciones de captación e impulsión son las cargas significativas de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Juliaca

**Grafico N° 2: Consumo de energía en (KwH/soles)**

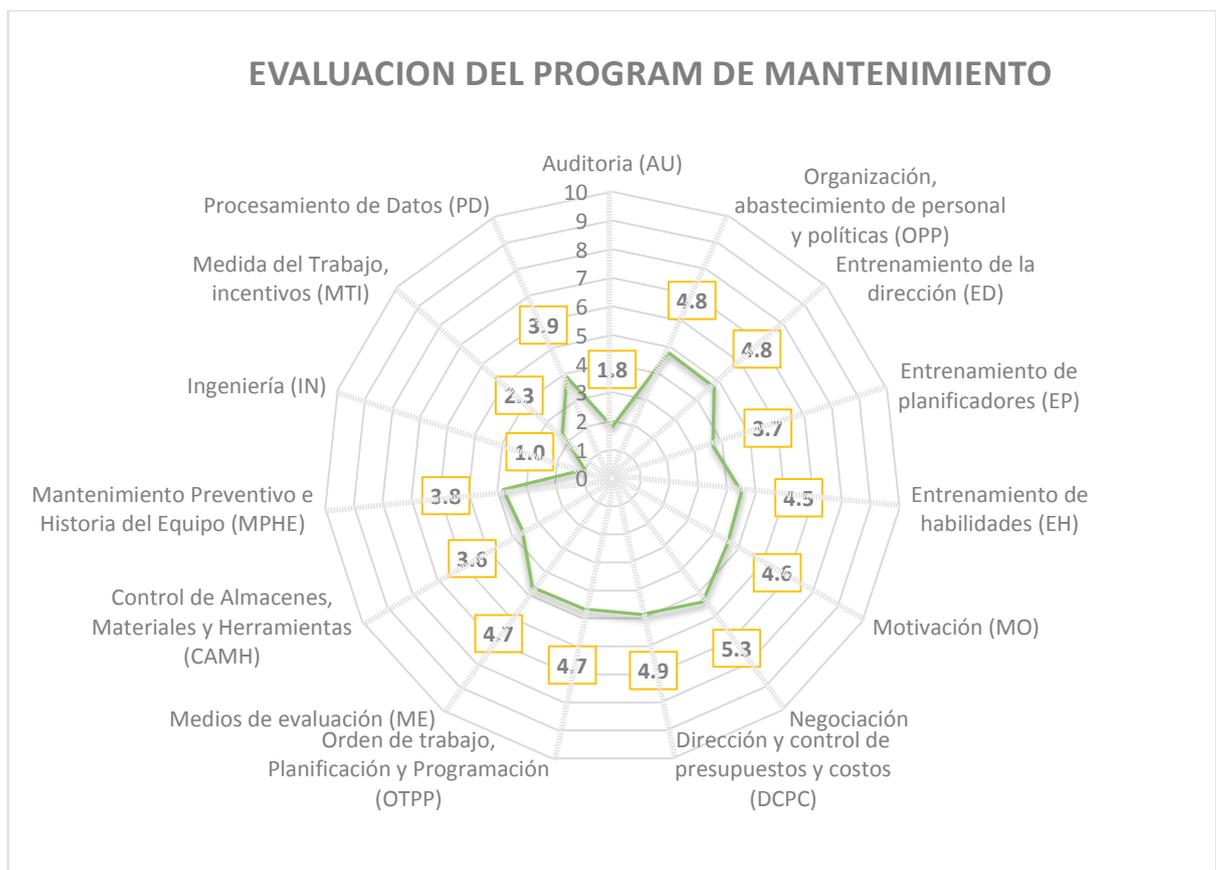


**Elaboración: Propia**



- No cuenta con un plan de mantenimiento
- Ausencia de equipos de medición para mantenimiento preventivo y predictivo
- Ausencia de equipos adecuados para el correcto montaje y alineamiento de bombas

**Grafico N° 4: Evaluación de productividad de mantenimiento**



**Elaboración: Propia**

En evaluación de mantenimiento se constató que tiene una productividad de 18.0 % de eficiencia en la división de mantenimiento

Este proyecto contempla la elaboración de todas las posibles estrategias a seguir para la optimización del uso de la electricidad y la elaboración de un plan de mantenimiento basado en la confiabilidad, esto nos conlleva a disminuir el costo de

energía consumida mensualmente y aumentar los indicadores de confiabilidad y operatividad de la planta de tratamiento de agua.

En este último caso en los sectores industrial, comercial y el residencial consumen energía en diversas formas por lo que se deben buscar altos niveles de eficiencia energética en estas actividades.

El uso eficiente de la energía eléctrica, producir menor cantidad de pérdidas de energía y tener menores niveles de contaminación

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL.**

¿Cuánto es el porcentaje de eficiencia de las electrobombas, de la división de mantenimiento y cómo influyen en los costos de operación en la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A.?

#### **1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.**

- a. ¿De qué manera la eficiencia energética de los equipos electromecánicos permite mejorar el ahorro de energía eléctrica en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.?
- b. ¿Cómo influyen las estrategias y políticas de mantenimiento en la división de mantenimiento en la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.?

#### **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.**

Con la contribución de una investigación de como optimizar sistemas de bombeo de agua tratada mediante diagnósticos energéticos en área industrial y producción, con la

aplicación de nuevas tecnologías más eficientes en los sistemas de bombeo, accionamiento, control y medición

### **1.2.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.**

Desde el punto de vista técnico, el estudio e investigación sobre eficiencia energética en sistemas de bombeo de agua tratada, en nuestro país es una necesidad creciente, debido que la mayoría de plantas de tratamiento de aguas de las regiones del país son de los años 1950 a 1960, habiendo una ineficiencia en los equipos ya instalados y sistemas de medición y control.

Los sistemas de gestión de mantenimiento son importantes hoy en día en las empresas que dan un valor agregado a un producto, aumentar la confiabilidad y operatividad incurren a aumentar la vida útil de los equipos de impulsión y eso conlleva a un ahorro económico

### **1.2.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.**

Considerando los costos de captación e impulsión de la planta de bombeo de agua potabilizada en los últimos 3 años hubo un crecimiento notable en los costos de consumo de electricidad para la producción debido a la demanda de los clientes, lo que se quiere lograr es mantener la producción e incrementar y reduciendo los costos de consumo eléctrico optimizando la planta de tratamiento, más lo que se busca es conseguir una mayor eficiencia y una producción consta de agua tratada.

### **1.2.3. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.**

El estudio de investigación de optimización por medio de la eficiencia energética es de rápido impacto una vez evaluado e instalada la tecnología más apropiada reduciendo en un porcentaje los costos de consumo de electricidad.

Teniendo en cuenta la problemática actual respecto a problemas energéticos y la búsqueda constante de hacer más eficiente la planta de tratamiento, este proyecto de tesis da una solución a corto plazo al problema energético con calidad de energía y a la vez alargado la vida útil de los equipos de bombeo.

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

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar cuánto es el porcentaje de eficiencia de las electrobombas, de la división de mantenimiento y cómo influye en los costos de operación en la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- a. Determinar de qué manera la eficiencia energética de los equipos electromecánicos permite mejorar el ahorro de energía eléctrica en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.
- b. Determinar cómo influyen las estrategias y políticas de mantenimiento en la división de mantenimiento en la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

##### 2.1.1 ANTECEDENTE 1.

**TITULO:** Estudio del plan de ahorro y eficiencia energética en la empresa municipal de saneamiento básico – Puno S.A.

**AUTOR:** Jorge Luis Choque Ccallata

**UBICACIÓN:** Puno - Perú, 2009

#### **RESUMEN:**

La institución, Empresa Municipal de Saneamiento Básico Puno S.A. – EMSA PUNO S.A., de nuestro medio se halla en un estado de desperfecto que sus instalaciones no ofrecen los servicios básicos en forma satisfactoria, se logra apreciar que el

funcionamiento de los equipos no es el adecuado, si no que se trata de remediar en algunas formas estas necesidades.

Las instalaciones soplo reciben el mantenimiento correctivo; es decir, cuando salen fuera de servicio por algún desperfecto en gran mayoría de los casos. Se requiere demostrar que los gastos que se generan en trabajar de esta forma, son mejores que el hacer una pequeña inversión regularmente para mejorar las condiciones de trabajo. La finalidad de este estudio es ahorrar energía sin disminuir la calidad de los servicios de energía es lograr reducir los consumos específicos energéticos y por otro reducir los costos operativos de las instalaciones.

El siguiente estudio ha sido realizado para EMSA PUNO S.A., que cuenta con las siguientes instalaciones

- Planta de captación: Chimu, Totorani y Aracmayo
- Planta de tratamiento de agua potable Aziruni.
- Estación de bombeo
- Oficinas, laboratorios, talleres y otros

Como resultado del estudio se ha podido identificar un potencial de ahorro y eficiencia energética, lo cual se logra con la implementación de las mejores propuestas.

### **2.1.2 ANTECEDENTE 2.**

**TITULO:** Auditoria energética en la estación de bombeo Matadero de Madrid

**AUTOR:** Xylem Water Solution España S.A.

**UBICACIÓN:** España, 2012

**RESUMEN.**

El matadero de Madrid ha sido uno de los proyectos de rehabilitación emprendidos por el Aylo de Madrid, para transformar las antiguas instalaciones del Matadero en Centro cultural

La estación de bombeo equipamiento

- 4 unidades Flygt CP3400 de 150 KW
- 650 l/s a m.c.a.
- Sin variador de frecuencia

La auditoría energética

**Cuadro N° 1: Resultado del antecedente N° 2**

<b>OPCIÓN 1</b>	Instalación de un VFD. para optimizar la filosofía de control	ahorro de \$8800 / año Amortización - 4.5 años
<b>OPCIÓN 2</b>	Cambio a un impulsor más pequeño para ajustar el punto de trabajo	Ahorro de \$ 3400 / años Amortización - 2 años

Fuente: A xylem Flygt 2012

### 2.1.3 ANTECEDENTE 3.

**TITULO:** Auditoria energética en estación de bombeo Iggesund, Hudiksvall (Suecia)

**AUTOR:** Xylem Water Solution España S.A.

**UBICACIÓN:** Suecia, 2012

#### **RESUMEN.**

La estación de bombeo está situada en Iggesund y es explotada por la Municipalidad. En el municipio se encuentra una de las mayores industrias papeleras de Suecia

La estación de bombeo, equipamiento

- 2 unidades Flygt CP3300 de 54 KW
- 1 unidad Flygt NP 3301 de 45 KW
- 2900 horas de funcionamiento al año

La auditoría energética

Cambio del impulsor monocanal de las bombas C por el impulsor N.

Ahorro de 1776 \$ /año. (12% del gasto energético anual)

#### **2.1.4 ANTECEDENTE 4.**

**TITULO:** Auditoria energética en la estación de bombeo Yorkshire (Reino Unido)

**AUTOR:** Xylem Water Solution España S.A.

**UBICACIÓN:** Reino Unido

#### **RESUMEN.**

La estación de bombeo Yorkshire del Reino Unido cuenta con un equipamiento de:

- 6 unidades CP3306 de 100KW
- Sin existencia de variador de frecuencia
- Explotada por una compañía de aguas

La auditoría energética y optimización de la filosofía de funcionamiento

- Adición de un variador de frecuencia para bajar la velocidad de circulación del agua y minimizar las pérdidas de carga
- Modificación de los niveles de arranque / paro de las bombas
- Ahorro de \$ 4300 / años

## 2.2. SUSTENTO TEÓRICO.

### 2.2.1. EVALUACION DE EFICIENCIA ELECTRICA.

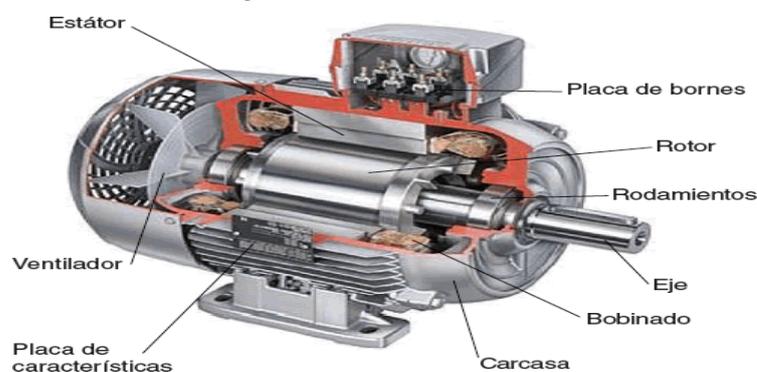
El principio conceptual de la Evaluación Energética (EE) es el balance de energía, este se basa esencialmente en determinar la energía consumida y las pérdidas en cada componente del proceso de bombeo, es decir, desde la entrada al punto de uso. Este método de energía en la acometida del suministrador, pasando por todas los elementos del sistema, hasta la entrega de agua (BID-2011)

#### 2.2.1.1. MOTOR ELECTRICO.

Los motores eléctricos son dispositivos que transforman energía eléctrica en energía mecánica. El medio de esta transformación de energía en los motores eléctricos es el campo magnético. Existen diferentes tipos de motores eléctricos y cada tipo tiene distintos componentes cuya estructura determina la interacción de los flujos eléctricos y magnéticos que originan la fuerza o par de torsión del motor.( Salvador-2013)

El principio fundamental que describe cómo es que se origina una fuerza por la interacción de una carga eléctrica puntual  $q$  en campos eléctricos y magnéticos es la Ley de Lorentz:

**Figura N° 1: Motor eléctrico**



**Fuente: M. Salvador, 3era Edición**

### 2.2.1.2. EFICIENCIA DE MOTORES ELECTRICOS.

La eficiencia de un motor es la relación entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada. Este es el concepto más importante desde el punto de vista del consumo de energía y del costo de operación de un motor eléctrico. La eficiencia se puede expresar de las siguientes maneras (BID-2011)

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia MEcaniac de salida}}{\text{Potencia Electrica que entra}} \quad \dots (\text{Ec. N}^\circ 1)$$

El valor más alto de eficiencia sería la unidad, si acaso las pérdidas fueran cero, como lo indica la segunda expresión. Por ello los fabricantes de motores están haciendo innovaciones tecnológicas tendientes a disminuir las pérdidas al máximo posible y lo están logrando con un diseño mejorado empleando materiales de alta calidad y un mejor proceso de fabricación.(BID-2011)

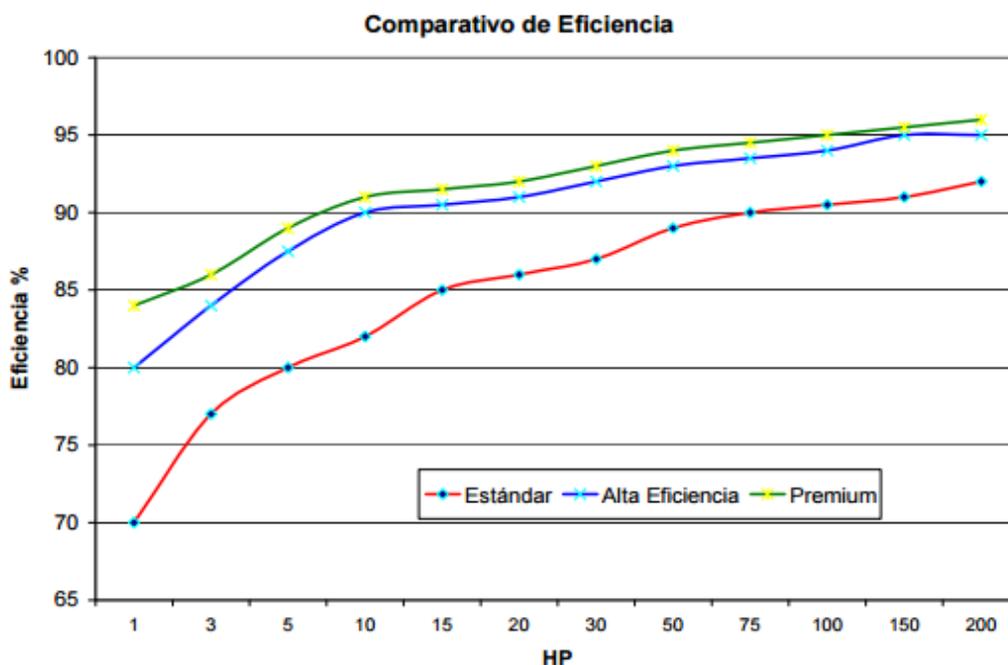
Conforme la eficiencia pueden considerarse tres géneros de motores eléctricos:

- Motores de Eficiencia Estándar
- Motores de Alta Eficiencia
- Motores de Eficiencia Premium

Los motores estándar no consideran la eficiencia como la principal cualidad, más bien privilegian la funcionalidad y precio, prácticamente los motores con más de 15 años podrían considerarse de eficiencia estándar. El concepto alta eficiencia surge en la década de los años noventa, como consecuencia de contrarrestar los altos precios de la energía y por la necesidad ya existente de hacer un uso eficiente y racional de la energía. La innovación de los Premium se da en la actual década con la pretensión de elevar aún más la eficiencia de los motores eléctricos, para ellos se ha perfeccionado el proceso de

manufactura y se utilizan materiales muy superiores, ello acarrea que el diferencial en precio sea también más elevado. (CNEE-2006)

Grafico N° 5: Comparación de eficiencia en motores



Fuente: DGE-2016- Código Nacional de Electricidad Utilización

2.2.1.3. FACTOR DE CARGA NOMINAL.

La potencia nominal de un motor eléctrico indica la potencia mecánica de salida o en el eje que es capaz de entregar el motor, el factor de carga es un índice que indica la potencia que entrega el motor cuando se encuentra ya en operación con relación a la que puede entregar, (CNEE-2011) el factor de carga nominal mediante la siguiente ecuación:

$$FC = \frac{P_e / \eta_e}{HP_{nom.} * 0.746} \dots (Ec. N° 2)$$

Donde:

- FC = factor de carga de operación del motor (-).

- $P_e$  = potencia eléctrica demandada por el motor (dato obtenido en mediciones de campo) (kW).
- $\eta_m$  = eficiencia de operación del motor (-).
- $HP_{nom}$  = potencia nominal del motor (la real verificada en campo) (HP).

#### 2.2.1.4. DEPRECIACION DE EFICIENCIA.

La eficiencia se deprecia de acuerdo con los siguientes criterios:

Si el motor tiene más de 10 años de antigüedad, deberá depreciarse un punto.

Si el motor ha sido rebobinado, habrá que depreciar dos puntos (véase la formula detallada en el apéndice), o si se conoce la temperatura a la que se expuso el motor durante el proceso de rebobinado, deberá depreciarse de acuerdo con el cuadro (BID-2011)

**Cuadro N° 2: Depreciación de eficiencia**

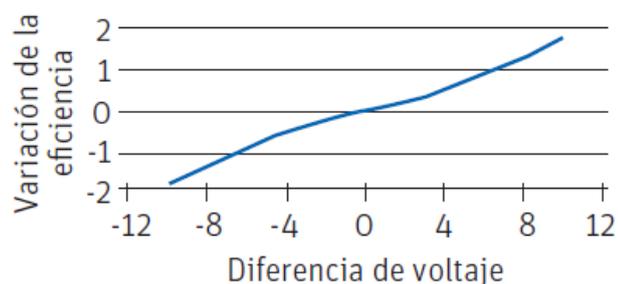
Temperatura (°C)	Puntos de reducción de la eficiencia
633	0,0053
683	0,0117
733 (soplete)	0,0250
Químico	0,0040

Fuente: BID-2011

#### 2.2.1.5. DEPRECIACION DE EFICIENCIA EN FUNCION DE LA DIFERENCIA DE VOLTAJE.

Es la reducción puntos de eficiencia a depreciar en funciona de la diferencia de voltaje con respecto a la nominal en un motor eléctrico Si el voltaje de alimentación medido presenta un desbalancee, habrá que aplicar el ajuste a la eficiencia indicado en la curva que se presenta en el grafico N°06, (BID-2011)

**Grafico N° 6: Depreciación de eficiencia en función a la diferencia de voltaje**



Fuente: BID-2011

### 2.2.1.6. DEPRECIACION EN FUNCION AL DESBALANCE DE VOLTAJE.

La depreciación es la reducción porcentual de la eficiencia de un motor eléctrico en función del desbalance de voltaje. El desbalance de voltaje se calcula a partir de las mediciones de tensión entre fases (BID, 2011), por medio de la siguiente ecuación: y gráfico N° 07, (BID-2011)

$$DBV = \max((\max(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A}) - V_{prom}), (V_{prom} - \min(V_{A-B}, V_{B-C}, V_{C-A}))) \quad \dots (Ec. N° 3)$$

Donde:

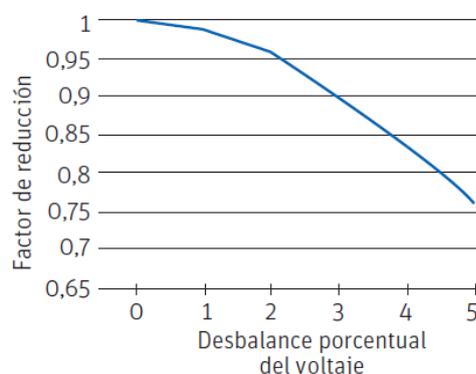
$D_{BV}$  = desbalance de voltaje (-).

$V_{A-B}$  = tensión entre las fases A y B (V).

$V_{B-C}$  = tensión entre las fases B y C (V).

$V_{C-A}$  = tensión entre las fases C y A (V).

$V_{prom}$  = tensión promedio entre fases (V).

**Grafico N° 7: Depreciación en función al desbalance de voltaje**

Fuente: BID-2011

### 2.2.1.7. REDUCCION DE EFICIENCIA EN FUNCION AL DESBALANCE DE CORRIENTE.

La reducción de eficiencia se realiza como indica el (BID,2011), El desbalance de corriente se calcula a partir de las mediciones de corriente por fase, por medio de la siguiente ecuación: (BID-2011)

$$D_{BI} = \max((\max(I_A, I_B, I_C) - I_{prom}), (I_{prom} - \min(I_A, I_B, I_C)))$$

..... (Ec. N° 4)

Donde:

$D_{BI}$  = desbalance de corriente (-).

$I_A$  = corriente de la fase A (A).

$I_B$  = corriente de la fase B (A).

$I_C$  = corriente de la fase C (A).

$I_{prom}$  = corriente promedio de las tres fases (A).

### 2.2.1.8. VOLTAJE DE ALIMENTACION DIFERENTE DEL NOMINAL.

La diferencia de voltaje de alimentación se evalúa de acuerdo al (BID,2011) El valor de la tensión de alimentación diferente de la nominal se calcula en términos porcentuales de acuerdo con la siguiente expresión: (BID-2011)

$$VDN = \left( \frac{V_{prom} - V_{placa}}{V_{placa}} * 100 \right) \quad \dots (Ec. N^{\circ} 5)$$

Donde:

VDN = diferencia porcentual entre el valor del voltaje de alimentación y el dato de placa del voltaje nominal (-).

$V_{prom}$  = voltaje promedio entre fases (V).

$V_{placa}$  = valor de voltaje nominal de alimentación, indicado en la placa (V).

### 2.2.1.9. DISMINUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS POR EFECTO JOULE.

Si se sustituye la expresión de la intensidad de corriente en función de la potencia activa en la fórmula de las pérdidas por efecto Joule, se obtiene:

Grafico N° 8: Disminución de pérdidas por efecto Joule

$$\frac{Pérdidas_i}{Pérdidas_f} = \left( \frac{\cos\phi_i}{\cos\phi_f} \right)^2$$

donde:  
*Pérdidas<sub>i</sub>*; las pérdidas iniciales  
*Pérdidas<sub>f</sub>*; las pérdidas finales  
*cosφ<sub>i</sub>*; el factor de potencia inicial  
*cosφ<sub>f</sub>*; el factor de potencia final

Disminución de pérdidas por efecto Joule				
COSφ <sub>inicial</sub>	COSφ <sub>final</sub>			
	0,85	0,90	0,95	1,00
0,50	65,40%	69,14%	72,30%	75,00%
0,55	58,13%	62,65%	66,48%	69,75%
0,60	50,17%	55,56%	60,11%	64,00%
0,65	41,52%	47,84%	53,19%	57,75%
0,70	32,18%	39,51%	45,71%	51,00%
0,75	22,15%	30,56%	37,67%	43,75%
0,80	11,42%	20,99%	29,09%	36,00%
0,85	-	10,80%	19,94%	27,75%
0,90	-	-	10,25%	19,00%
0,95	-	-	-	9,75%

Fuente: Shneider Electric- USA

### 2.2.1.10. COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.

**TIPOS DE COMPENSACIÓN.-** Los condensadores pueden estar en 3 niveles diferentes:

#### COMPENSACIÓN GLOBAL.

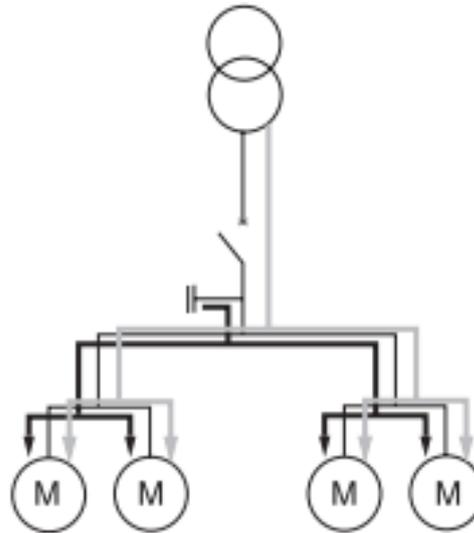
Ventajas

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Ajusta la necesidad real de la instalación kW al contrato de la potencia aparente (S en kVA). n Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

Observaciones

- La corriente reactiva ( $I_r$ ) está presente en la instalación desde el nivel 1 hasta los receptores.
- Las pérdidas por efecto de Joule en cables no quedan disminuidas (kWh)

*Figura N° 2: Compensación en las salidas BT (TGBT)*



FUENTE: Schneider Electric-

## COMPENSACIÓN PARCIAL.

### Ventajas

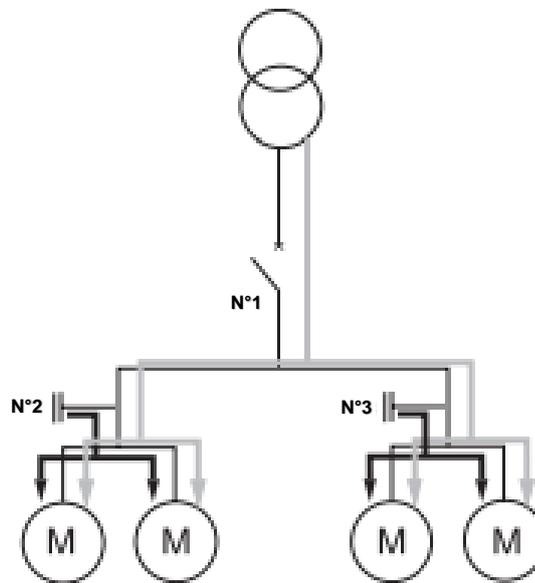
- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza una parte de la instalación, la corriente reactiva no se transporta entre los niveles 1 y 2
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

### Observaciones

- La corriente reactiva ( $I_r$ ) está presente en la instalación desde el nivel 2 hasta los receptores.

- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se disminuyen (kWh).

**Figura N° 3: Compensación a la entrada**



FUENTE: Schneider Electric-

## COMPENSACIÓN INDIVIDUAL.

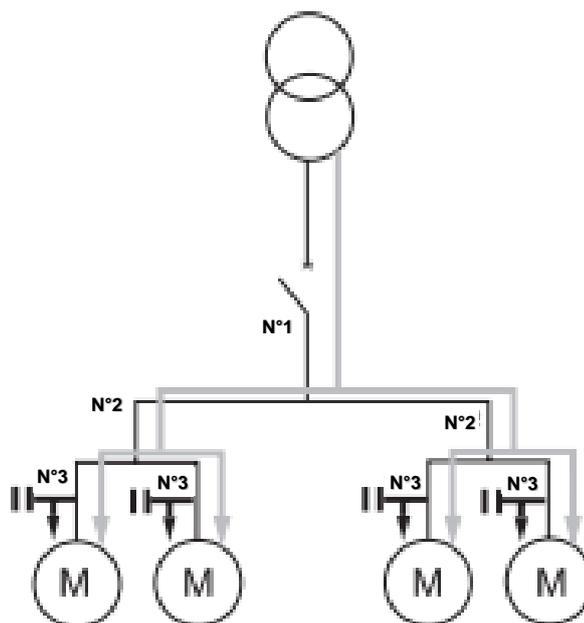
### Ventajas

- Suprime las penalizaciones por un consumo excesivo de energía reactiva.
- Optimiza toda la instalación eléctrica. La corriente reactiva  $I_r$  se abastece en el mismo lugar de consumo.
- Descarga el centro de transformación (potencia disponible en kW).

### Observaciones

- La corriente reactiva no está presente en los cables de la instalación.
- Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen totalmente (kWh).

Figura N° 4: Compensación en los bornes de cada receptor de tipo inductivo



Fuente: Schneider Electric

#### 2.2.1.11. REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.

Si se tiene en cuenta que las pérdidas diarias aproximadas en la distribución eléctrica son 8850 kWh y que las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción eléctrica son unos 400 g/kWh, esto supone el lanzamiento a la atmósfera 3,5 toneladas de CO<sub>2</sub> diarias a nivel nacional. Estas emisiones representan el 1,25% de las emisiones anuales por generación de energía eléctrica. La compensación de Energía Reactiva evitaría, por término medio, la emisión a la atmosfera de 1,36 toneladas de dióxido de carbono diarias, prácticamente 500 toneladas al año. (OLADE-2011)

#### 2.2.1.12. ARMÓNICOS.

Las cargas no lineales tales como: rectificadores, inversores, variadores de velocidad, hornos, etc.; absorben de la red corrientes periódicas no senoidales. Estas corrientes están formadas por un componente fundamental de frecuencia 50 ó 60 Hz, más

una serie de corrientes superpuestas de frecuencias, múltiplos de la fundamental, que denominamos **ARMÓNICOS ELÉCTRICOS**, que generan **costes técnicos y económicos importantes**.

El resultado es una deformación de la corriente, y como consecuencia de la tensión, conlleva una serie de **efectos secundarios asociados**. (Tomas-2012)

#### 2.2.4.1.1. DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental. Su valor se ubica entre 0% e infinito. Es el parámetro de medición de distorsión más conocido, por lo que es recomendable para medir la distorsión en parámetros individuales (I y V). Al igual que el Cd es útil cuando se trabaja con equipos que deben responder sólo a la señal fundamental, como en el caso de algunos relevadores de protección. (Ariel 2010))

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{n^{\circ}} I_h^2}}{I_1} * 100\% \quad \dots (Ec. N^{\circ} 6)$$

#### 2.2.1.13. TARIFAS ELÉCTRICAS

La Norma de Opciones Tarifarias vigente está dada a través de la Resolución OSINERGMIN-182-2009-OS-CD, el cual entró en vigencia el 1 de noviembre de 2009. Antes del 1 de noviembre de 2009, estaba vigente la Norma de Opciones Tarifarias dada por la Resolución OSINERGMIN-236-2005-OS-CD..

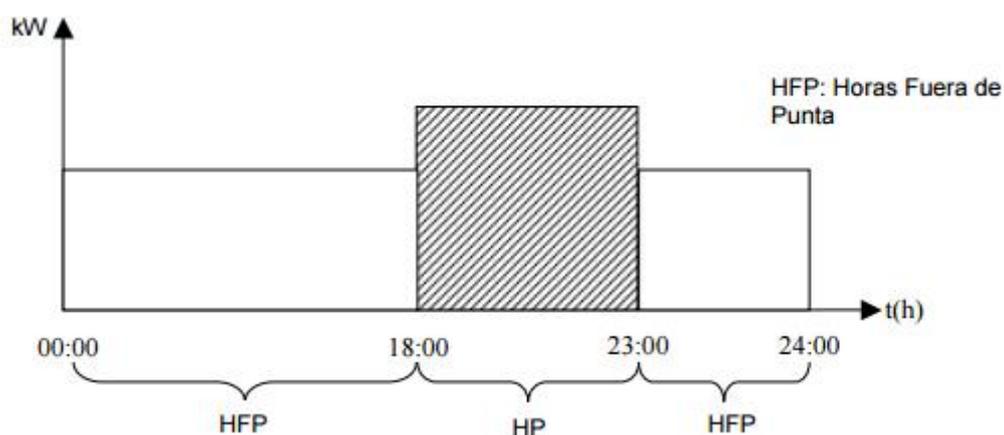
**Usuarios en Media Tensión (MT):** aquellos que están conectados a redes cuya tensión de suministro es superior a 1 kV y menor a 30 kV (1 kV = 1 000 V). Usuarios: Consumidores finales de electricidad localizados en el Perú.

**Usuarios Regulados:** usuarios sujetos a regulación de precios unitarios de energía o potencia, las cuales son establecidos (regulados) por la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria del OSINERGMIN.

**Horas Punta (HP):** periodo comprendido entre las 18:00 horas a 23:00 horas de cada día del año (ver gráfico N° 09).

**Horas Fuera de Punta (HFP):** al resto de horas del día no comprendidas en las horas de punta (HP) (ver gráfico N° 09)

Grafico N° 9: Ilustración De hora fuera de punta



Fuente: MINEN, 2006

**Potencia instalada:** se entenderá a la sumatoria de las potencias activas nominales de todos los artefactos y equipos que se alimentan de un suministro de electricidad. (OSINERGMIN-2006)

**Potencia contratada:** aquella potencia activa máxima que puede utilizar un suministro y que ha sido convenida mediante contrato entre usuario y concesionaria.

Exceso de potencia: cuando la potencia utilizada por el usuario supera la potencia contratada. (OSINERGMIN-2006)

**Máxima demanda Mensual:** es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, en el periodo de facturación de un mes. (OSINERGMIN-2006)

**Demanda máxima mensual en horas punta:** es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, durante las horas punta a lo largo del mes. (OSINERGMIN-2006)

**Demanda máxima mensual fuera de punta:** es el más alto valor de las demandas de potencia activa promediadas en periodos sucesivos de 15 minutos, durante las horas fuera de punta a lo largo del mes. (OSINERGMIN-2006)

**Periodo de facturación:** el periodo de facturación es mensual y no podrá ser inferior a veintiocho (28) ni exceder los treinta y tres (33) días calendario. No deberá haber más de 12 facturaciones en el año. podrá aplicarse un período de facturación no mayor a 45 días calendario, ni menor a 15 días calendario. (OSINERGMIN-2006)

**Energía eléctrica:** Es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos, y que se utiliza para hacer funcionar los equipos eléctricos. (OSINERGMIN-2006)

**Energía activa:** Es la energía eléctrica utilizada medida en kWh por el medidor, se utiliza para hacer funcionar los equipos eléctricos. (OSINERGMIN-2006)

**Energía reactiva:** Es la energía adicional a la energía activa, que algunos equipos que tienen arrollamiento eléctrico como motores, transformadores, balastos, necesitan para su funcionamiento. (OSINERGMIN-2006)

**Potencia:** Es la rapidez con que se efectúa un trabajo, cuya unidad es kilowatt (kW).

**Generación:** Es el conjunto de instalaciones destinadas a producir la energía eléctrica, cualquiera que sea la fuente y el procedimiento empleados para ello, tales como centrales hidráulicas, centrales térmicas, centrales eólicas, etc. (OSINERGMIN-2006)

**Transmisión:** Es el conjunto de Instalaciones (torres, aisladores, conductores de aluminio, etc.) para el transporte de energía eléctrica producida por el Sistema de Generación. (OSINERGMIN-2006)

**Distribución:** Es aquel conjunto de instalaciones (subestaciones de distribución, postes, aisladores, conductores, etc.) para la entrega de energía eléctrica a los diferentes usuarios del mercado eléctrico. (OSINERGMIN-2006)

**Peaje de transmisión:** Es el precio regulado que se paga por el uso de la línea de transmisión para transportar energía entre dos puntos distantes entre sí. (OSINERGMIN-2006)

**Precios de energía:** Es el precio final que el usuario paga por el consumo de energía, el precio es actualizado continuamente. (OSINERGMIN-2006)

**Precio de potencia:** Es el precio final que el usuario pago por el consumo de potencia, este precio es actualizado continuamente. (OSINERGMIN-2006)

### **OPCIÓN TARIFARIA EN MEDIA TENSIÓN (MT).**

Las opciones tarifarias para usuarios regulados de media tensión se muestran a continuación:

Cuadro N° 3: Opciones tarifarias en MT

Opción	Sistemas y Parámetros de Tarifaria Medición	Cargos de Facturación
MT2	<p>Sistema de medición: Medición de dos energías activas y dos potencias activas (2E2P) Parámetros de medición: Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable</p>	<p>Cargo fijo mensual b) Cargo por energía activa en horas punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia activa de generación en horas punta e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución en horas punta f) Cargo por exceso de potencia activa por uso de las redes de distribución en horas fuera de punta g) Cargo por energía reactiva</p>
MT3	<p>Sistema de medición Medición de dos energías activas y una potencia activa (2E1P) Parámetros de medición: Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable Calificación de Potencia:  P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>Cargo fijo mensual Cargo por energía activa en horas punta c) Cargo por energía activa en horas fuera de punta d) Cargo por potencia activa de generación e) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución f) Cargo por energía reactiva</p>
MT4	<p>Cargo por energía reactiva Medición de una energía activa y una potencia activa (1E1P) Parámetros de medición: Energía: Punta y Fuera de Punta Potencia: Punta y Fuera de Punta Medición de energía reactiva Modalidad de facturación de potencia activa variable Calificación de Potencia: P: Usuario presente en punta FP: Usuario presente fuera de punta</p>	<p>Cargo fijo mensual Cargo por energía activa Cargo por potencia activa de generación d) Cargo por potencia activa por uso de las redes de distribución e) Cargo por energía reactiva</p>

Fuente: MIMEN, 2016

### 2.2.1.14. TRANSFORMADOR.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, basándose en el fenómeno de la inducción electromagnética. Está constituido por dos bobinas de material conductor, devanadas sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético, (Tomas-2010)

#### 2.2.4.1.2. PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO ( $P_{fe}$ ).

Son aquellas que se generan en el núcleo ferromagnético debido a dos factores fundamentales, la energía mínima de magnetización y las corrientes parasitas que circulan por el núcleo debido al flujo magnético presente y a fallas en el material ferromagnético. Estas pérdidas son independientes de la carga a la que es sometido el transformador, y prácticamente invariables a la tensión y la frecuencia constante. Es un dato que normalmente suministra el proveedor. (BID, 2011)

#### 2.2.4.1.3. PÉRDIDAS EN EL COBRE ( $P_{cu}$ ).

Son las que se generan en el devanado del transformador, al circular las corrientes por los mismos. Su valor está determinado por el cuadro de la corriente y la resistencia eléctrica de los devanados, estas pérdidas están directamente relacionadas con el factor de potencia (BID,2011)

$$P_{tot} = P_{fe} + P_{cu} * \left( \frac{P_{rt}}{P_n * F_p} \right)^2 \quad \dots (Ec. N^{\circ} 7)$$

DONDE:

$P_{tot}$  = Perdidas Totales (Kw)

$P_{fe}$  = Perdidas en el hierro a tension nominal (Kw)

$P_{cu}$  = Perdidas en el cobre a tension nominal (Kw)

$p_n$  = Potencia nominal del transformador (KVA)

$p_{rt}$  = Potencia real con todas las cargas (Kw)

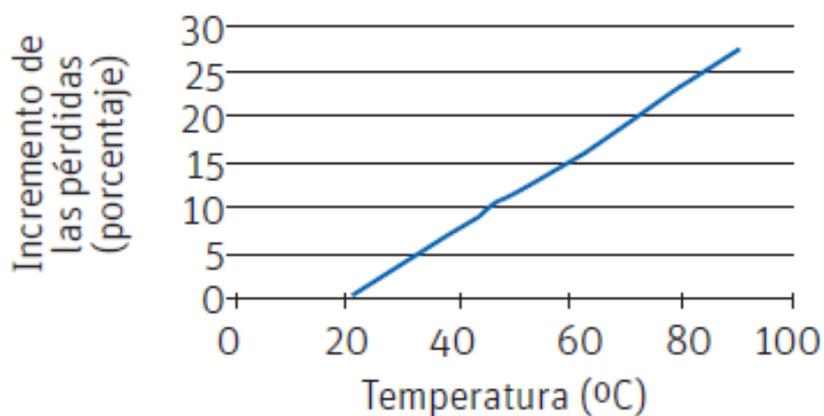
$F_p$  = Factor de potencia

**Cuadro N° 4: Perdidas en transformador en base a su capacidad nominal**

Potencia nominal (kVA)	Pérdidas en el hierro (W)	Pérdidas en el cobre a potencia nominal (W)
25	195	670
50	345	810
75	400	1.080
100	435	1.085
125	480	2.350
160	490	2.600
200	570	3.400
250	675	4.230
315	750	5.250
400	900	6.200
500	1.000	8.050
630	1.250	9.000
800	1.690	10.800
1.000	1.800	12.600
1.250	2.010	16.800
1.600	2.500	19.000
2.000	2.750	23.900
2.500	3.480	29.600
3.150	3.500	30.500
4.000	4.300	34.000
5.000	5.000	39.500
6.300	6.300	45.000
8.000	7.000	57.000
10.000	7.600	68.500

Fuente: BID, 2011

**Grafico N° 10: Perdidas en transformadores en función de la temperatura**



Fuente: BID, 2011

## **2.2.2. EVALUACION DE EFICIENCIA HIDRAULICA.**

La hidráulica es la rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos en función de sus propiedades específicas. Es decir, estudia las propiedades mecánicas de los líquidos dependiendo de las fuerzas a que pueden ser sometidos. Todo esto depende de las fuerzas que se interponen con la masa y a las condiciones a que esté sometido el fluido, relacionadas con la viscosidad de este.

### **2.2.2.1. BOMBAS HIDRÁULICA.**

Una bomba hidráulica es una máquina que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. (Ariel,2010) El fluido incompresible puede ser una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

### **2.2.2.2. EFICIENCIA DE LA BOMBA.**

La evaluación de la eficiencia en la bomba hidráulica como indica (BID,2011) los mayores puntos de pérdidas energéticas se presenta en la etapa de transformación de la energía eléctrica en energía mecánica obtenida por medio del sistema de bombeo y transmitida al fluido en forma de potencia manométrica.

#### **2.2.4.1.4. PÉRDIDAS INTERNAS.**

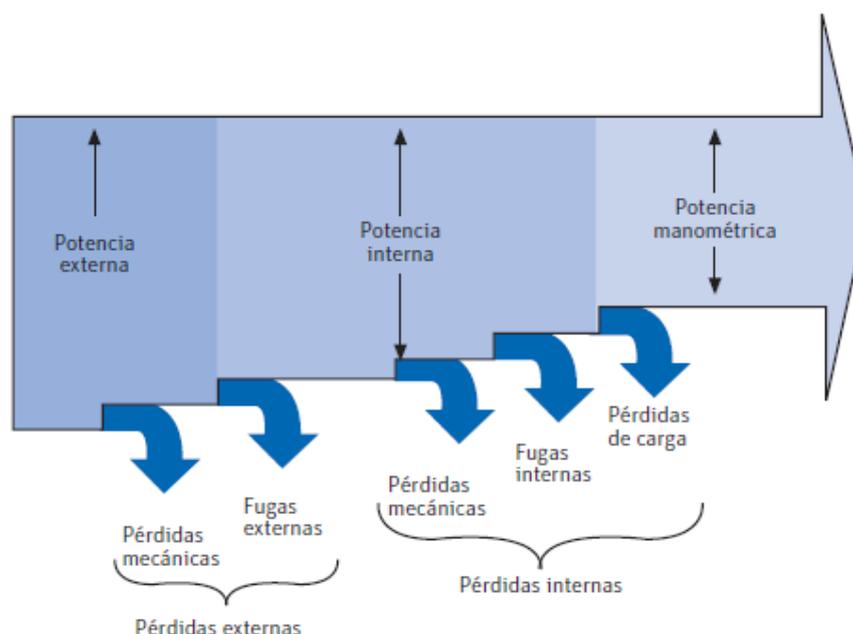
- Pérdidas de carga: resultan de la viscosidad y la turbulencia del fluido. Un ejemplo de pérdidas de carga lo constituyen las pérdidas por choques en la entrada del difusor.

- Perdidas por fugas: en una bomba, las perdidas por fugas internas tienen como causa el juego que necesariamente ha de existir entre partes móviles como el impulsor y partes fijas.
- Perdidas por rozamiento interno: en una bomba centrífuga el impulsor tiene superficies inactivas desde el punto de vista de su función de comunicar energía al fluido. Esto da lugar a frotamiento viscoso, lo cual produce perdidas internas por rozamiento en el fluido.

#### 2.2.4.1.5. PÉRDIDAS EXTERNAS

- Fugas externas: estas se producen en los lugares donde el eje atraviesa a la carcasa de la máquina. Una parte del caudal que entra a la bomba se deriva antes de ingresar en el impulsor y se pierde.
- Perdidas por rozamiento externo:
- Rozamiento mecánico en las empaquetaduras que existen en los ejes.
- Rozamiento mecánico en los cojinetes de la bomba.

Grafico N° 11: Diagrama energético global de las bombas centrífugas



Fuente: BID-2011

La eficiencia global a la que la bomba opera se calcula entonces como el cociente entre la potencia manométrica de salida  $P_s$  y la potencia mecánica absorbida  $P_m$ , que se identifica en el diagrama como potencia externa. La fórmula de la eficiencia es: (BID,2011)

$$n_b = \frac{\text{Potencia de salida (ps)}}{\text{Potencia absorbida (Pm)}} * 100 \quad \dots (Ec. N^\circ 8)$$

Donde:

- $\eta_b$  = eficiencia de la bomba (-).
- $P_s = Q \rho g H_t / 746$  (HP).
- $P_m$  = potencia mecánica absorbida por la bomba (HP).
- $Q$  = flujo volumétrico ( $m^3/s$ ).
- $\rho$  = densidad del agua bombeada ( $kg/m^3$ ).
- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).
- $H_t$  = carga total de bombeo (mca).

### 2.2.2.3. CARGA TOTAL DE BOMBEO.

Se calcula en primer lugar la carga total de bombeo a través de esta fórmula:

$$H_t = (P_d - P_s) * 10.3 \quad \dots (Ec. N^\circ 9)$$

Donde:

- $H_t$  = carga total de bombeo (mca).
- $P_d$  = presión de descarga medida ( $kg/cm^2$ ).

- $P_s$  = presión de succión medida ( $\text{kg/cm}^2$ ).

Si no se midió la presión de succión (que es el caso de los pozos profundos o sistemas de bombeo, donde no se puede medir la presión de succión):

$$H_t = (P_d * 10.3) + N_s + D_{r-m} + h_v + h_{fs} \quad \dots (Ec. N^\circ 10)$$

Donde:

- $H_t$  = carga total de bombeo (mca).
- $P_d$  = presión de descarga medida ( $\text{kg/cm}^2$ ).
- $N_s$  = nivel de succión (m).
- $D_{r-m}$  = nivel de referencia a centros del manómetro (m).
- $h_v$  = carga de velocidad (mca).
- $h_{fs}$  = pérdidas por fricción en la tubería de succión (mca).

#### 2.2.2.4. POTENCIA MANOMETRICA.

Se calcula en primer lugar la potencia manométrica a través de esta fórmula:

$$P_H = H_t * Q * \gamma * g / 1000 \quad \dots (Ec. N^\circ 11)$$

Donde:

- $P_h$  = potencia manométrica (kW).
- $H_t$  = carga total de bombeo (mca).
- $Q$  = gasto ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).
- $\gamma$  = peso específico del agua ( $\text{kg/m}^3$ ).

- $g$  = aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).

### 2.2.2.5. PERDIDAS EN TUBERIAS.

Las tuberías de succión y descarga también generan pérdidas energéticas debidas a la fricción del fluido sobre las paredes de las mismas. Para el cálculo de estas pérdidas por medio de la ecuación de Colebrook-White, a partir de los valores del numero de Reynolds y rugosidad relativa, definido como el cociente de rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ) y el diametro ( $D$ ) en mm. (BID, 2011)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right] \quad \dots (Ec. N^\circ 12)$$

La fórmula anterior es de tipo implícita por lo que debe iterarse. Alternativamente, se puede utilizar la siguiente formula que es explícita (sin necesidad de iterar) y utiliza los mismos parámetros. (BID, 2011)

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2} \quad \dots (Ec. N^\circ 13)$$

Fuente: Guerrero, O. (1995). Ecuacion modificada de Colebrook-White. Revista Ingeniería hidráulica de México, Vol. X, pp. 43-48, enero-abril.

La rugosidad absoluta ( $\epsilon$ ) es una característica del material de tubería. El numero de Reynolds se define como:

$$Re = V * D * \rho / \mu \quad \dots (Ec. N^\circ 14)$$

**Donde:**

- $v$  = velocidad del fluido (m/s).
- $D$  = diametro interior de la tuberia (m).
- $\mu$  = viscosidad dinamica del fluido (mPa · s), la que se determina de tablas como  
funcion de
- la temperatura.
- $\rho$  = densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

**2.2.2.5.1. CARGA ESTÁTICA TOTAL.**

La carga estática total se determina conociendo la altura geométrica del nivel del líquido entre los recipientes de succión y descarga y la línea de centros de la bomba, así como las presiones en esos mismos puntos. (BID, 2011)

$$H_{ET} = H_D - H_S + \frac{P_D - P_S}{\gamma} \quad \dots (Ec. N^\circ 15)$$

**Donde:**

- $H_{ET}$ : Carga estática total.
- $H_D$ : Altura de descarga.
- $H_S$ : Altura de succión.
- $P_D$ : Presión en el recipiente de descarga.
- $P_S$ : Presión en el recipiente de succion
- $\gamma$ : Peso específico del fluido

### 2.2.2.5.2. CARGA DINÁMICA TOTAL.

La carga dinámica total representa las pérdidas de presión, las cuales se originan por la fricción del fluido en las tuberías, válvulas, accesorios y otros componentes como pueden ser intercambiadores de calor u otros. Estas pérdidas varían proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad del caudal. También varían de acuerdo con el tamaño, tipo y condiciones de las superficies de tubos y accesorios y las características del líquido bombeado.(BID-2011)

Método de Medición de Pérdida de Presión Global Mediante el uso de Manómetros. Una forma práctica de medir la caída de presión en un sistema de bombeo es a través de mediciones en campo, por ejemplo, instalando manómetros en la descarga de la bomba (inmediatamente después de la brida) y al final de la línea de suministro. Pérdida Presión Punto 1 Presión Punto 2. Cálculo de Pérdidas en Tuberías. Las pérdidas de carga en tuberías se determinan mediante la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_L = \frac{fLv^2}{2Dg} = \frac{8fLQ^2}{D^5g\pi^2} \quad \dots (Ec. N^\circ 16)$$

**Donde:**

Q: caudal (m<sup>3</sup>/s)

H: pérdida de carga en tubería (m)

D: diámetro de la tubería (m)

L: longitud de la tubería (m)

G: aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

F: factor de fricción (adimensional)

V: velocidad del flujo (m/s)

$\Pi$ = constante adimensional (3.1416)

Cálculo de Pérdidas de Carga en Accesorios: Estas se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$h_A = \frac{k * v^2}{2g} = \frac{8 * k * Q^2}{D^4 g \pi^2} \quad \dots (Ec. N^\circ 17)$$

**Donde:**

$h_A$ : pérdida de carga en accesorios (m)

$v$ : velocidad de fluido (m/s)

$Q$ : caudal (m<sup>3</sup>/s)

$D$ : diámetro de la tubería (m)

$G$ : aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$K$ : coeficiente de resistencia (adimensional)

El factor “k” es adimensional y su valor depende del tipo de accesorio y diámetro del mismo; se define como la pérdida de altura de velocidad para una válvula o accesorio. Algunos fabricantes pueden proporcionar su factor k, por lo tanto, deberá utilizarse ese valor. (BID, 2011)

### 2.2.3. EFICIENCIA ELECTROMECHANICA.

La eficiencia electromecánica corresponde a la eficiencia del conjunto motor-bomba. se representa por la siguiente formula (BID, 2011)

$$n_{em} = \frac{P_h}{P_e} \quad \dots (Ec. N^\circ 18)$$

**Donde:**

$\eta_{em}$ : eficiencia electromecánica

$P_h$ : Potencia manométrica

$P_e$ : Potencia eléctrica

#### **2.2.4. MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.**

##### **2.2.4.2. CONFIABILIDAD.**

Confiabilidad es una de las características de calidad más importantes para componentes, productos y sistemas complejos, es una metodología científica aplicada para conocer el desempeño de vida de productos, equipamientos, plantas o procesos; para asegurar que estos ejecuten su función, sin fallar, por un periodo de tiempo en una condición específica (Roldan, 2014)

##### **2.2.4.1.1. ETAPAS DE LA CONFIABILIDAD.**

- **Confiabilidad previsional.-** Es aquella confiabilidad basada en un modelo matemático definido a partir de las especificaciones técnicas del diseño y de la confiabilidad estimada de los componentes que intervienen en el mismo
- **Confiabilidad estimada o intrínseca.-** Es aquella que se obtiene mediante ensayos específicos realizados sobre un prototipo. A través de estos ensayos se podrá comprobar si la confiabilidad calculada se corresponde con la prevista inicialmente.
- **Confiabilidad de la operación.-** Es la que se obtiene durante la vida útil del producto y depende del soporte logístico y de las condiciones reales de utilización

##### **2.2.4.1.2. INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD VS CONTROL DE CALIDAD.**

Ingeniería de confiabilidad estudia el comportamiento de tasas de fallas en el tiempo

Control de calidad estudia cuantos productos esta fuera de las especificaciones, o presentan defectos en un instante dado en la línea de producción

La confiabilidad es la calidad a lo largo del tiempo

#### 2.2.4.1.3. COSTO DE PRODUCTO VS CONFIABILIDAD.

Si se aumenta la confiabilidad de su producto, aumentara el costo del proyecto o producción de un producto semejante. (Roldan, 2014)

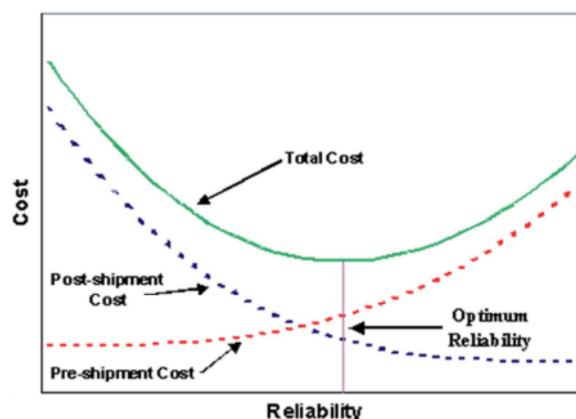
Una baja producción y costo del producto no significa un bajo costo en el producto final.

El costo del producto deber ser determinado no solo por el costo hasta la puerta de la fábrica, si no también incluyendo el costo total del producto durante el tiempo de vida, (Roldan, 2014)

Aumentando la confiabilidad del producto, se puede aumentar el costo del producto, pero se reducirá el costo del soporte. (Roldan, 2014)

El costo mínimo óptimo del producto puede determinar a través de la definición de la confiabilidad óptima para ese producto. (Roldan, 2014)

Grafico N° 12: Costo del producto vs confiabilidad



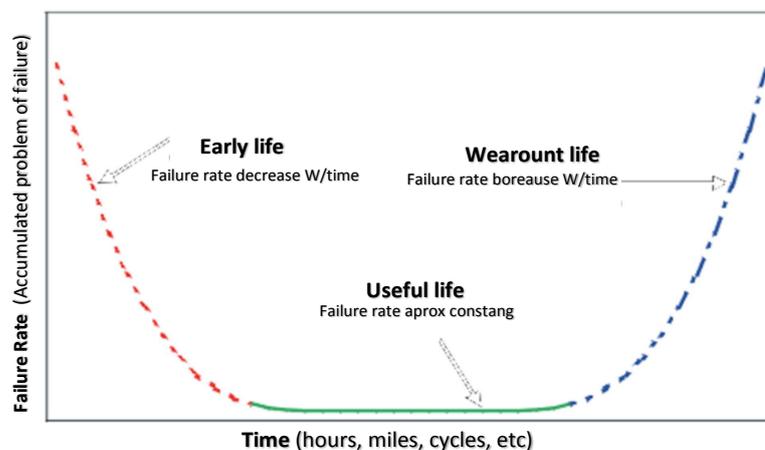
Fuente: TECSUP – PEPP , Juan Roldan, 2014

#### 2.2.4.1.4. CURVA DE LA BAÑERA.

El análisis de confiabilidad requiere una comprensión del comportamiento de la tasa de falla del producto en el tiempo de vida. (Roldan, 2014)

- **Fase 1.-** Los productos comenzaran sus vidas con alta tasa de falla y después presentaran una reducción a partir de un determinado punto (fallas de ingeniería – periodo de infancia del proyecto)
- **Fase 2.-** Tasa de falla se estabiliza y se mantiene constante durante la vida útil del producto
- **Fase 3.-** El producto envejece, se desgasta y l tasa de falla comienza aumentar rápidamente con el tiempo (envejecimiento)

**Grafico N° 13: Curva de la bañera “idealizada”**



**Fuente: TECSUP – PEPP, Juan Roldan, 2014**

#### 2.2.4.3. CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para la optimización del uso de los

activos fijos. La confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. El fin último del Análisis de confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactiva y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual e historial de equipos y permitan un adecuado control de costos. (Vizcarra, 2014)

La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. (Roldan, 2014)

La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional. (UT)

*Figura N° 5: Factores de la confiabilidad operacional*



Fuente: TECSUP – PEPP, Juan Roldan, 2014

#### 2.2.4.4. MODELO MATEMÁTICO DE WEIBULL.

La distribución de Weibull es una distribución continua y triparamétrica, es decir, está completamente definida por tres parámetros y es la más empleada en el campo de la confiabilidad. (Roldan, 2014)

A pesar de la popularidad de esta distribución, en la revisión bibliográfica efectuada, la mayoría de los artículos y literatura técnica consultados se remiten a una distribución biparamétrica y, más aún, los ejemplos allí desarrollados presentan como datos conocidos los dos parámetros, generándose, así, las siguientes preguntas: ¿Cómo se calculan los parámetros? y ¿por qué se omite el cálculo del tercer parámetro? El tercer parámetro es el parámetro de localización, es decir, el parámetro que localiza la abscisa a partir del cual se inicia la distribución. (Roldan, 2014)

La función de densidad de la distribución de Weibull para la variable aleatoria  $t$  está dada por la siguiente expresión:

$$f(t) = \frac{\beta(t - \delta)^{\beta-1}}{\theta^{\beta}} \exp \left[ - \left( \frac{t - \delta}{\theta} \right)^{\beta} \right], t \geq \delta \quad \dots (Ec. N^{\circ} 19)$$

**Donde:**

- $t$ : Variable aleatoria que, para el caso de la confiabilidad, representa el tiempo entre fallas.
- $\beta$ : Parámetro de forma ( $0 < \beta < \infty$ )
- $\theta$ : Parámetro de escala ( $0 < \theta < \infty$ )
- $\delta$ : Parámetro de localización ( $-\infty < \delta < \infty$ )

- El parámetro beta, como su nombre indica, determina la forma o perfil de la distribución, la cual es función del valor de éste.
- El parámetro theta indica la escala de la distribución, es decir, muestra que tan aguda o plana es la función.
- El parámetro delta indica, en el tiempo, el momento a partir del cual se genera la distribución.

Una distribución biparamétrica está completamente definida por los parámetros de forma y de escala. (Roldan, 2014)

La función confiabilidad  $R(t)$  de Weibull se determina por la siguiente expresión:

$$R(t) = \int_{\delta}^{\alpha} f(s) ds = e^{\left[-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right]} \quad \dots (Ec. N^{\circ} 20)$$

La función distribución acumulativa  $F(t)$  es el complemento de la función confiabilidad y se define de la siguiente manera:

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t-\delta}{\theta}\right)^{\beta}\right]} \quad \dots (Ec. N^{\circ} 21)$$

De la expresión anterior, se concluye que la función distribución acumulativa se puede interpretar como la probabilidad de falla. La relación entre la función confiabilidad y la función probabilidad de falla. (Roldan, 2014)

**2.2.4.4.1. DENSIDAD DE FALLA (f).**

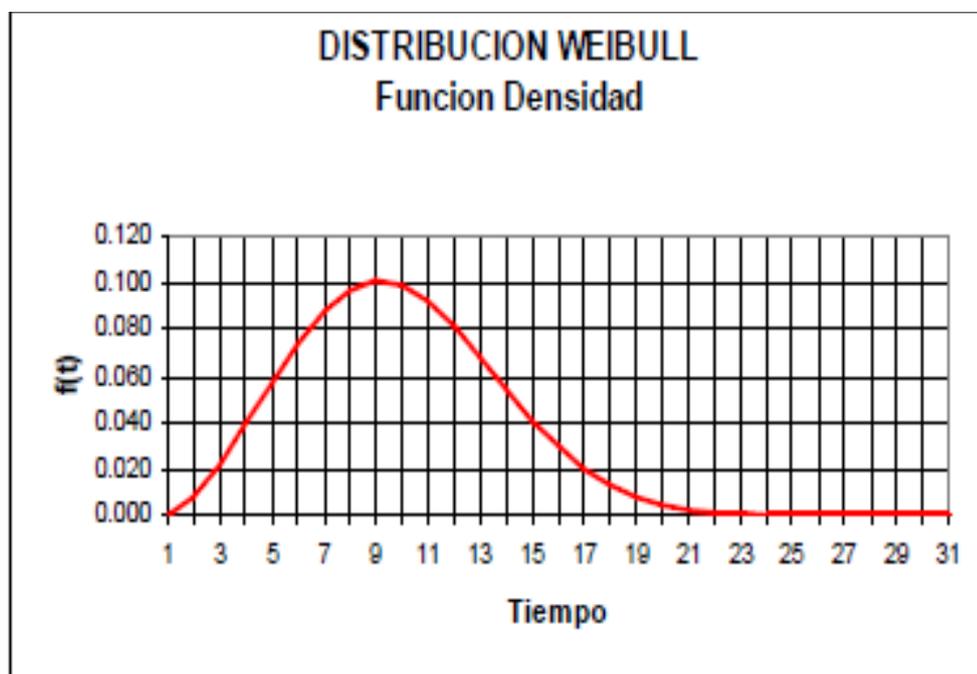
La función de densidad nos da la probabilidad que ocurra una falla en un tiempo específico. Sus unidades son falla / ítem – tiempo. Así, para cualquier punto de la probabilidad que una falla ocurra durante la siguiente unidad de tiempo (Roldan, 2014)

$$f(t) = \frac{1}{N} * \frac{\Delta n}{\Delta t} , \text{ Si } \Delta t \rightarrow 0, \quad f(t) = \frac{1}{N} * \frac{dn}{dt} \quad \dots (Ec. N^\circ 22)$$

**Donde:**

- $\Delta n = \text{numero de fallas en el intervalo de tiempo } [t, t + \Delta t]$
- $\Delta t = \text{longitud del intervalo de tiempo}$
- $N = \text{poblacion original}$

**Grafico N° 14: Función densidad de falla (f)**



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

**2.2.4.4.2. FUNCIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE FALLA (F).**

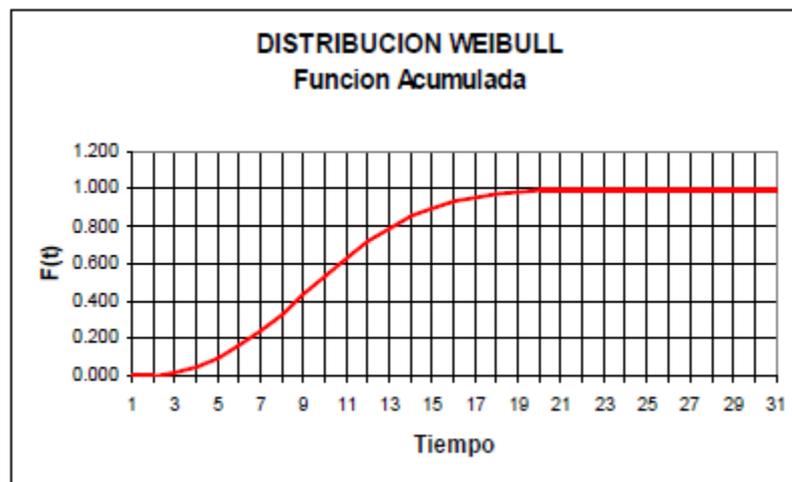
Esta función nos da la probabilidad acumulada de falla representada la probabilidad que una falla ha ocurrido antes de cierto tiempo. (Roldan, 2014)

$$Si \Delta t \rightarrow 0: \quad F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad F(t) = \frac{\sum n_i}{N} \quad \dots (Ec. N^\circ 23)$$

Donde:

- $\sum n_i =$  Numero de fallas para un tiempo  $t$
- $N =$  Poblacion original

**Grafico N° 15: Función distribución acumulada de fallas (F)**



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

**2.2.4.4.3. FUNCIÓN DE SUPERVIVENCIA O CONFIABILIDAD.**

La función de supervivencia o confiabilidad es el complemento de la función de distribución de falla. Nos da la probabilidad de supervivencia para cualquier tiempo específico. (Roldan, 2014)

$$R(t) = 1 - F(t)$$

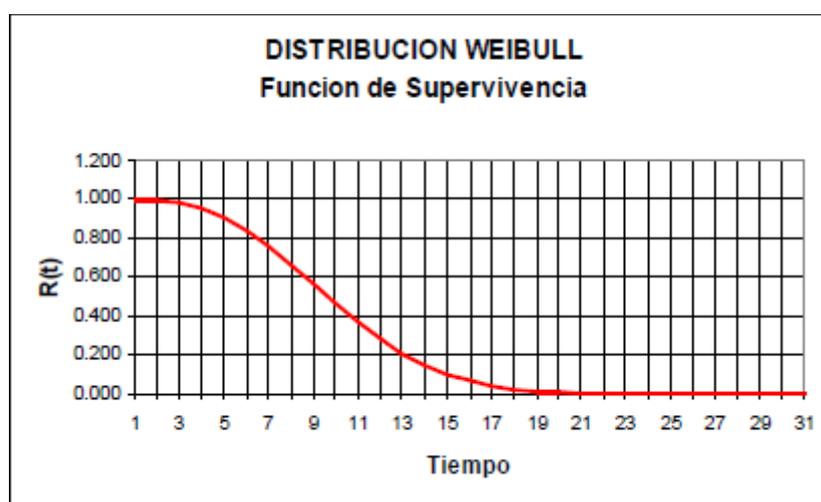
..... (Ec. N° 24)

Donde:

R(t): función de supervivencia o confiabilidad

F(t): función distribución acumulada de fallas

*Grafico N° 1: Función supervivencia (R)*



FUENTE: TECSUP, Juan Roldan, 2014

#### 2.2.4.4.4. FUNCIÓN RIESGO (r).

Es la función más importante en la teoría de la renovación. La forma de la función de riesgo sobre una gran magnitud determina que estrategias se usara para mantener un componente específico. (Roldan, 2014)

$$r(t) = \frac{1}{n(t)} \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

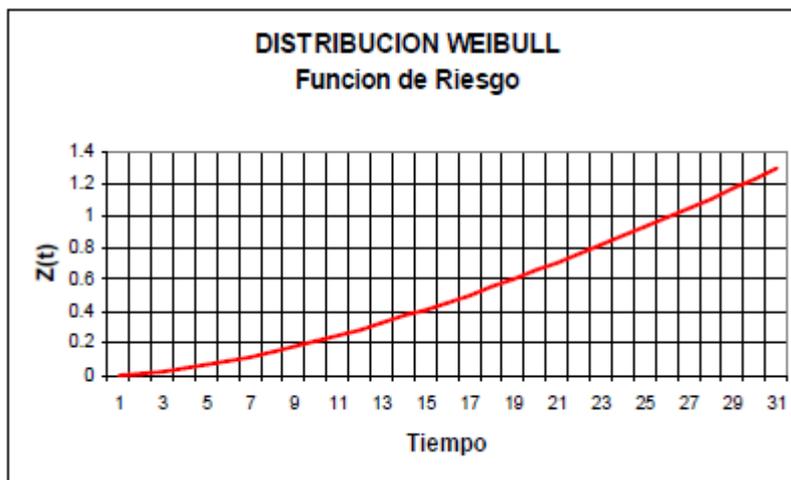
..... (Ec. N° 25)

Donde:

- $\Delta n =$  Numero de fallas en un intervalo de tiempo  $[t, t + \Delta t]$
- $\Delta t =$  ancho del intervalo de tiempo

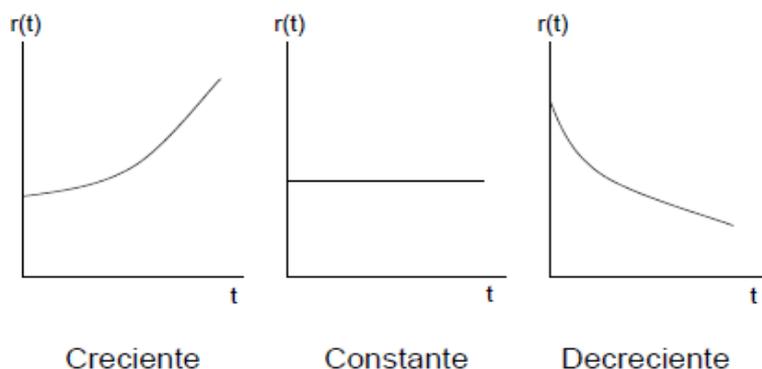
- $n(t) = \text{Poblacion sobreviviente en el tiempo } t$

Grafico N° 16: Función riesgo ( $r$ ).



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

Grafico N° 17: Formas de función riesgo ( $r$ ).



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

#### 2.2.4.4.5. TEST DE KOLMOGOROV SMIRNOV.

En estadística, la prueba de Kolmogórov-Smirnov (también prueba K-S) es una prueba no paramétrica que se utiliza para determinar la bondad de ajuste de dos distribuciones de probabilidad entre sí.

En el caso de que queramos verificar la normalidad de una distribución, la prueba de Lilliefors conlleva algunas mejoras con respecto a la de Kolmogórov-Smirnov; y, en general, el test de Shapiro–Wilk o la prueba de Anderson-Darling son alternativas más potentes.

Conviene tener en cuenta que la prueba Kolmogórov-Smirnov es más sensible a los valores cercanos a la mediana que a los extremos de la distribución. La prueba de Anderson-Darling proporciona igual sensibilidad con valores extremos. (Roldan, 2014)

$$Fn(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left\{ \begin{array}{l} i \\ 0 \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{si } y_i \leq x \\ \text{alternativa} \end{array} \quad \dots \text{ (Ec. N}^\circ \text{ 26)}$$

Para dos colas el estadístico viene dado por

$$D_n^- = \max(F(x) - F_n(x))$$

$$D_n^- = \max(F(x) - F_n(x)) \quad \dots \text{ (Ec. N}^\circ \text{ 27)}$$

Donde  $F(x)$  es la distribución presentada como hipótesis

#### 2.2.4.4.6. INTERVALO DE CONFIANZA.

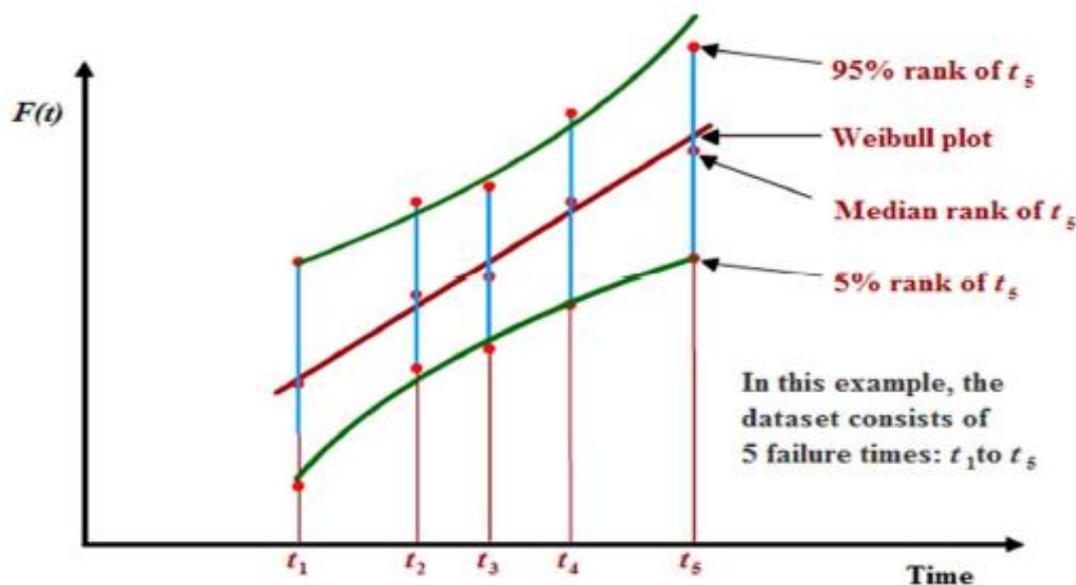
El Intervalo de Confianza presenta una estimación de rango de valores que probablemente pueden contener el parámetro desconocido de la población. El Intervalo estimado es calculado a partir de un conjunto de datos de la muestra. (Roldan, 2014)

- La amplitud del intervalo de confianza nos da una idea sobre incertidumbre del parámetro desconocido.
- Un intervalo muy grande indica que se necesita recolectar más datos antes de tomar cualquier decisión sobre los parámetros.

Los Límites de Confianza generalmente son definidos como:

- Unilateral (one sided)
- Bilaterales (two sided)

*Grafico N° 18: Método de Ploteo de Intervalo de Confianza*



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

#### 2.2.4.4.7. TEST DE TENDENCIA DE LAPLACE.

La prueba de Laplace, también conocida como la prueba centroide, es una medida que compara el centroide de tiempos de llegada observados con el punto medio del periodo de observación. Esta medida se aproxima a la estandarizada variable aleatoria normal. (Roldan, 2014)

#### Alcance

La prueba de Laplace es un método para determinar si los eventos discretos en un proceso tienen una tendencia.

Test estadístico para datos terminados en tiempo.

Grafico N° 19: Test lineal

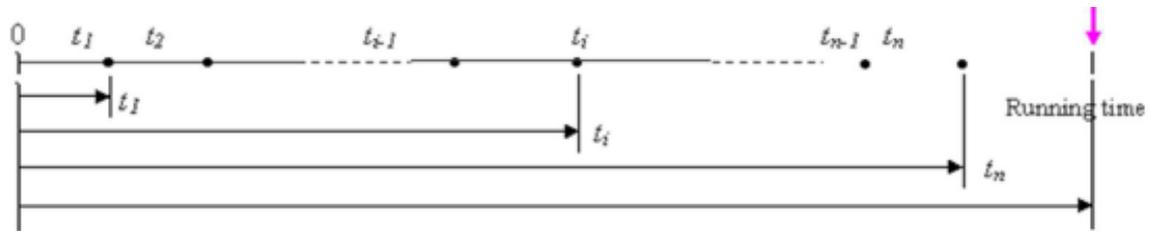


Figure A2.27: Time Terminated Test Data

FUENTE: TECSUP, Juan Roldan, 2014

Test estadístico para datos terminados en falla

$$U = \sqrt{12N(t_{n-1})} \left( \frac{\sum t}{t_n * N(t_{n-1})} - 0.5 \right) \quad \dots (Ec. N° 28)$$

Si U es significativamente pequeña (negativa) rechazar la hipótesis de IID (independientes e idénticamente distribuidos), hay una tendencia de confiabilidad creciente. NO APLICAR EL ANÁLISIS WEIBULL.

**2.2.4.4.8. MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO.**

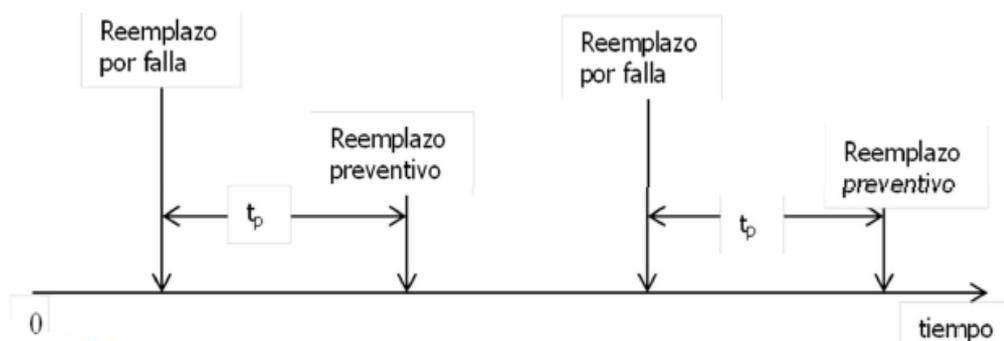
Tiempo de reemplazo preventivo óptimo de un componente sometido a falla.

El problema es el de balancear el costo de los reemplazos preventivos versus los beneficios, y necesitamos hacer esto para determinar la edad optima de reemplazo para un ítem y minimizar el costo total esperado de los reemplazos por unidad de tiempo. (Roldan, 2014)

### Construcción del modelo 1

- 1.-  $C_p$  es el costo total de un reemplazo preventivo.
- 2.-  $C_f$  es el costo total de un reemplazo por falla.
- 3.-  $f(t)$  es la función de densidad de probabilidad de falla.
- 4.- La política de reemplazo es llevar a cabo un reemplazo preventivo cuando el ítem ha alcanzado una edad específica,  $t_p$ , más reemplazos por falla cuando sea necesario.

Grafico N° 20: Construcción del modelo 1



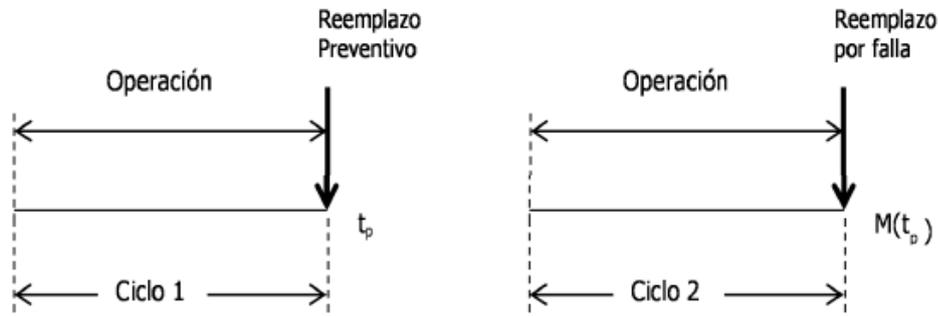
Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

### Construcción del modelo 2

El objetivo es determinar el tiempo de reemplazo óptimo de un componente que minimice el costo total esperado por unidad de tiempo. En este problema, hay dos posibles ciclos de operación: (Roldan, 2014)

- **Ciclo 1:** Está determinado cuando el componente opera un tiempo de reemplazo planeado,  $t_p$ ,
- **Ciclo 2:** Está determinado cuando el equipo deja de operar debido a una falla ocurrida antes del tiempo de reemplazo planificado.

Grafico N° 21: Construcción del modelo 2



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

**Costo total esperado por unidad de tiempo-1**

$$C(t_p) = \frac{\text{costo total de reemplazo esperado por ciclo}}{\text{duracion de ciclo esperado}} \quad \dots (Ec. N° 29)$$

Costo total de reemplazo esperado por ciclo =  $C_p \times R(t_p) + C_f \times (1-R(t))$

Duración de ciclo esperado =  $t_p \times R(t_p) + (\text{Duración esperada de un ciclo de falla}) \times (1 - R(t_p))$

Duración esperada de un ciclo de falla=  $M(t)$

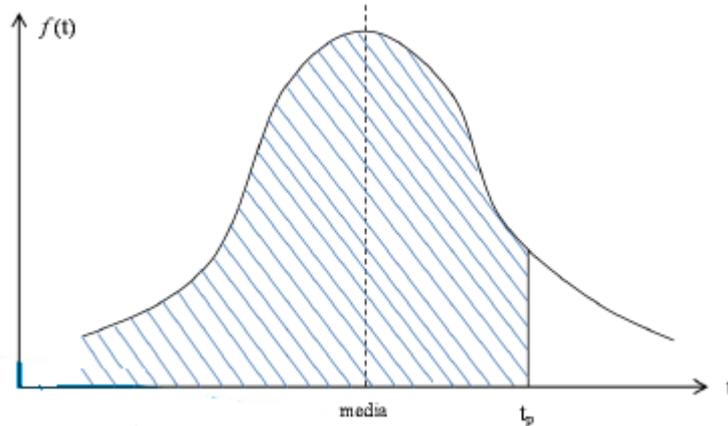
**Costo total esperado por unidad de tiempo-2**

El tiempo medio entre falla de una distribución completa es  $\int_{-\alpha}^{\alpha} t f(t) dt$ , la cual para la distribución normal completa es igual a la moda (pico) de la distribución.

Si un reemplazo preventivo ocurre en el tiempo  $t_p$ , luego el tiempo promedio entre falla es la media de la parte sombreada de la figura, ya que la región no sombreada es una región sin fallas. (Roldan, 2014)

El promedio del área sombreada es  $\int_{-\alpha}^{t_p} \frac{tf(t)dt}{1-R(t_p)}$  denotado como M (tp)

**Gráfico N° 22: Costo total esperado por unidad de tiempo-2**



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

**Costo total esperado por unidad de tiempo-3**

$$C(t_p) = \frac{C_p x R(t_p) + C_f x (1 - R(t_p))}{t_p x R(t_p) + M(t_p) x (1 - R(t_p))} \dots (Ec. N° 30)$$

Este es ahora el modelo del problema relacionado con la edad de reemplazo  $t_p$ , para el costo por unidad de tiempo esperado. Se puede expresar de la siguiente forma.

$$C(t_p) = \frac{C_p x R(t_p) + C_f x (1 - R(t_p))}{t_p x R(t_p) + \int_{-\alpha}^{t_p} tf(t)dt} \dots (Ec. N° 31)$$

**2.2.4.5. MODOS Y EFECTOS DE FALLAS.**

Una vez jerarquizado y seleccionado el activo de subsuelo, se procede a realizar la metodología de AMEF (Parra, 2000). Esta metodología permite identificar los modos

y efectos de fallas de los activos seleccionados. En resumen el AMEF propone responder las siguientes preguntas, (Roldan, 2014)

- ¿Cuáles son las funciones y los estándares de ejecución asociados con el activo (equipo a mantener) en su actual contexto operacional?
- ¿En qué forma se produce la falla del activo, con respecto a la función que cumple en el contexto operacional?
- ¿Qué causa cada falla funcional?
- ¿Qué ocurre cuando sucede una falla?
- ¿Cómo impacta cada falla?

*Figura N° 6: Análisis Modos y Efecto de Falla*



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

El flujograma de aplicación del AMEF mostrado en la Figura 4 se explica a continuación:

- Función: propósito o misión de un activo en un contexto operacional específico (cada activo puede tener más de una función en el contexto operacional).

- Falla funcional: es definido como una ocurrencia no previsible, trayendo como consecuencia que el activo no pueda cumplir con su función o la cumpla de forma ineficiente
- Modo de falla: es el evento que provoca la falla funcional.
- Causas de las fallas: se define como las causas físicas/operacionales/humanas que originan la aparición de los modos de fallas.
- Consecuencias de las fallas: representan los posibles efectos que generan los modos de fallas sobre la seguridad, ambiente y operaciones.

#### **2.2.4.6. COSTO EVITADO.**

En la última etapa del modelo de optimización de Confiabilidad de los activos de Subsuelo, se contempla el proceso de evaluación del Costo del Ciclo de Vida. En este proceso, es esencial que se evalúen de forma simultánea los factores operativos y de Confiabilidad que afectan el desempeño de los activos y que se asuman las responsabilidades del impacto que traen consigo estos aspectos sobre el costo total de vida. Este análisis implica un método secuencial que permite evaluar de forma integral aspectos económicos y de Confiabilidad con el fin de alcanzar un diseño adecuado desde el punto de vista de costo-efectividad (Riddell y Jennings, 2001).

Las categorías principales de costos son:

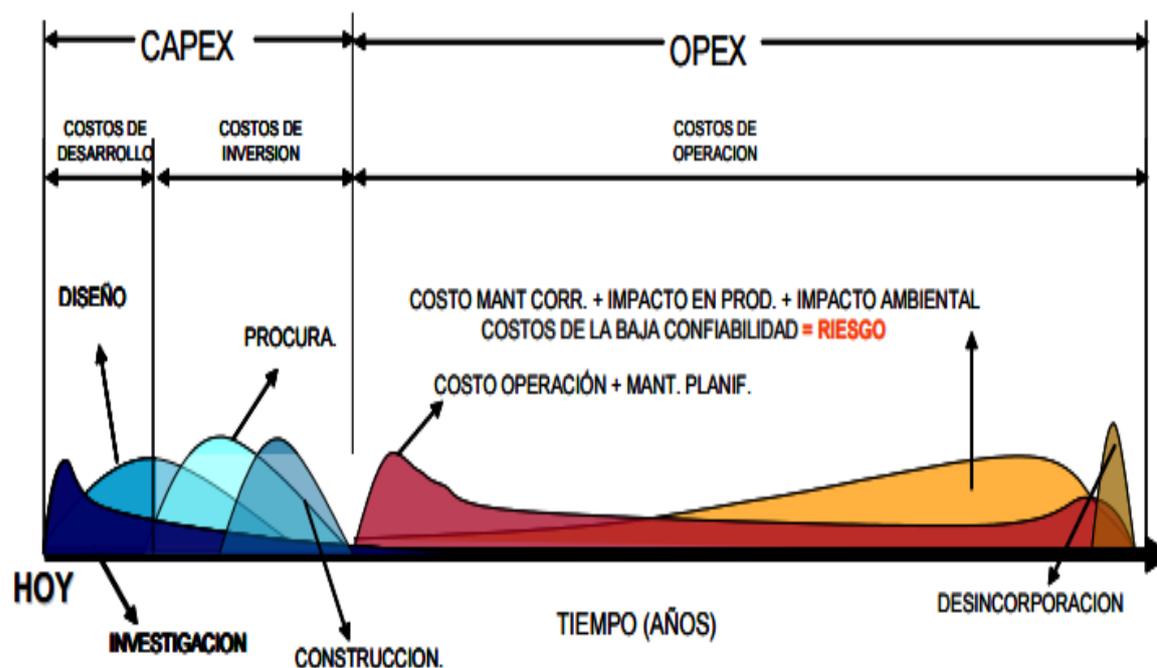
- Costo de investigación y desarrollo.
- Costo de producción y construcción.
- Costo de operación y apoyo.
- Costo de retirada y eliminación.

Desde el punto de vista financiero, los costos generados a lo largo del ciclo de vida del activo son clasificados en dos tipos (ver Figura)

**CAPEX:** Costos de capital (diseño, desarrollo, adquisición, instalación, entrenamiento staff, manuales, documentación, herramientas y facilidades para mantenimiento, repuestos de aseguramiento, desincorporación). (Roldan, 2014)

**OPEX:** Costos operacionales: (labor, operaciones, mantenimiento, almacenamiento, contrataciones, penalizaciones). (Roldan, 2014)

Grafico N° 23: Impacto de los Costos en el Ciclo de Vida



Fuente: TECSUP, Juan Roldan, 2014

### 2.3. GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

**Bomba.** Maquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión, transferencia de agua

**Cárcamo.** Es la estructura hidráulica completa mentaría del sistema hidráulico que sirve como almacenamiento provisional para bombear algún liquido de un nivel inferior a una superior. Se emplea para el agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial

**Carga total de bombeo.** La suma algebraica de la carga de presión en la descarga, más el nivel de succión, más el nivel al centro de manómetro, más las pérdidas de fricción y singulares en la conducción más la carga de velocidad

**Carga de velocidad.** Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento.

**Coefficiente de cortante.** Es el coeficiente de rozamiento del agua con las paredes de una tubería depende del material con que la tubería este construida o cubierta, del diámetro de la tubería y de la velocidad del agua, con este parámetro se calculan las pérdidas de energía en una conducción de agua.

**Corriente eléctrica.** Es la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor con resistencia  $R$  y cuya tensión eléctrica es  $V$ .

**Factor de potencia.** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente y describe la relación entre la potencia convertida en trabajo útil y la potencia total consumida

**Fuente de abastecimiento.** Sitio del cual se toma el agua para suministro en el sistema de distribución.

**Fuga.** Escape físico de agua en una red de tuberías de agua potable.

**Gasto.** Volumen de agua medida en una unidad de tiempo, se expresa generalmente en litros por segundo

**Nivel a centros de manómetros.** Es la distancia vertical entre el nivel de referencia y la posición del manómetro usado para medir las cargas de presión tanto en la succión como en la descarga.

**Modo de falla.** Son las consecuencias raíz que originan las fallas en un equipo

**Tiempo promedio entre fallas.** Es tiempo que transcurre de una falla a otra pero del mismo equipo o similar pero del mismo componente.

**Confiabilidad operacional.** Es la capacidad de una instalación, infraestructura, personas, tecnología para cumplir su función y haga lo que se espera de ella y en caso de que falle lo haga del modo menos dañino posible

**Mantenimiento.** Acción de tener en buenas condiciones de funcionamiento y operación activos evitando el deterioro de los mismos

**Bomba.** Maquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión, transferencia de agua

**Cárcamo.** Es la estructura hidráulica completa mentaría del sistema hidráulico que sirve como almacenamiento provisional para bombear algún liquido de un nivel inferior a una superior. Se emplea para el agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial

**Carga total de bombeo.** La suma algebraica de la carga de presión en la descarga, más el nivel de succión, más el nivel al centro de manómetro, más las pérdidas de fricción y singulares en la conducción más la carga de velocidad

**Carga de velocidad.** Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento.

**Coefficiente de cortante.** Es el coeficiente de rozamiento del agua con las paredes de una tubería depende del material con que la tubería este construida o cubierta, del diámetro de la tubería y de la velocidad del agua, con este parámetro se calculan las pérdidas de energía en una conducción de agua.

**Corriente eléctrica.** Es la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor con resistencia  $R$  y cuya tensión eléctrica es  $V$ .

**Factor de potencia.** Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente y describe la relación entre la potencia convertida en trabajo útil y la potencia total consumida

**Fuente de abastecimiento.** Sitio del cual se toma el agua para suministro en el sistema de distribución.

**Fuga.** Escape físico de agua en una red de tuberías de agua potable.

**Gasto.** Volumen de agua medida en una unidad de tiempo, se expresa generalmente en litros por segundo

**Nivel a centros de manómetros.** Es la distancia vertical entre el nivel de referencia y la posición del manómetro usado para medir las cargas de presión tanto en la succión como en la descarga.

**Modo de falla.** Son las consecuencias raíz que originan las fallas en un equipo

**Tiempo promedio entre fallas.** Es tiempo que transcurre de una falla a otra pero del mismo equipo o similar pero del mismo componente.

**Confiabilidad operacional.** Es la capacidad de una instalación, infraestructura, personas, tecnología para cumplir su función y haga lo que se espera de ella y en caso de que falle lo haga del modo menos dañino posible

**Mantenimiento.** Acción de tener en buenas condiciones de funcionamiento y operación activos evitando el deterioro de los mismos.

## **2.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL.**

La antigüedad de las electrobombas, tableros de control son las causales más significativas de la eficiencia de las electrobombas y la efectividad, productividad en la división de mantenimiento influyen en los costos de operación en la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA.**

- a. El cambio de tecnología y el sistema de control incrementara la eficiencia energética de los equipos electromecánicos permitiendo mejorar el ahorro de energía eléctrica en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.
- b. las estrategias y políticas de mantenimiento serán las adecuadas en la división de mantenimiento para aumentar la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.

## **2.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

### **2.5.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN.**

Eficiencia energética y confiabilidad operacional

### **2.5.2. EL PROBLEMA.**

Alto costo de operación y alto índice de fallas

2.5.3. VARIABLES.

Cuadro N° 5: Variables independiente y dependiente

VARIABLE	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Evaluación de eficiencia enerctica	costo de operación	soles / mes	nominal
	Balance de energía	Kwh	nominal numerica
	Tarifacion electrica	Kw/h	nominal numerica
	Perdidas en los conductores	Kw	nominal numerica
	Perdidas de carga	m.c.a.	nominal numerica
	Eficiencia en las bombas hidraulicas	%	nominal numerica
	Eficiencia en los motores electricos	%	nominal numerica
	Operación de equipos	hr / mes	nominal numerica
	Corriente de arranque y nominal	Amp.	nominal numerica
	Potencia activa	KW	nominal numerica
	Potencia aparente	KVA	nominal numerica
	Potencia reactiva	KVAR	nominal numerica
	Factor de potencia	Cos $\phi$	nominal numerica
	Distorcion armonica total	Thd	nominal numerica
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Costo de mantenimiento	soles / año, soles / mes	nominal
	Coeficiente de confiabilidad	0% - 100%	nominal
	Coeficiente de mantenibilidad	0% - 100%	nominal
	Costo evitado	soles / año	nominal
	Tiempo promedio entre fallas	dias, horas	numerica continua
	Criticidad de equipos	alto, medio, bajo	nominal tricotomica
	efectos de falla	soles / año	nominal
	Test de rendimiento de mantenimiento	0% - 100%	nominal
	Modos de fallas	causa raiz,	ordinal
	Costo de produccion	soles / m <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> O	nominal
	Costo de repuestos	Soles, dolares	nominal

Elaboración: Propia

2.5.4. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

La matriz de consistencia la podemos visualizar en los anexos (ver anexo N°12 )

### **CAPITULO III**

#### **DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.**

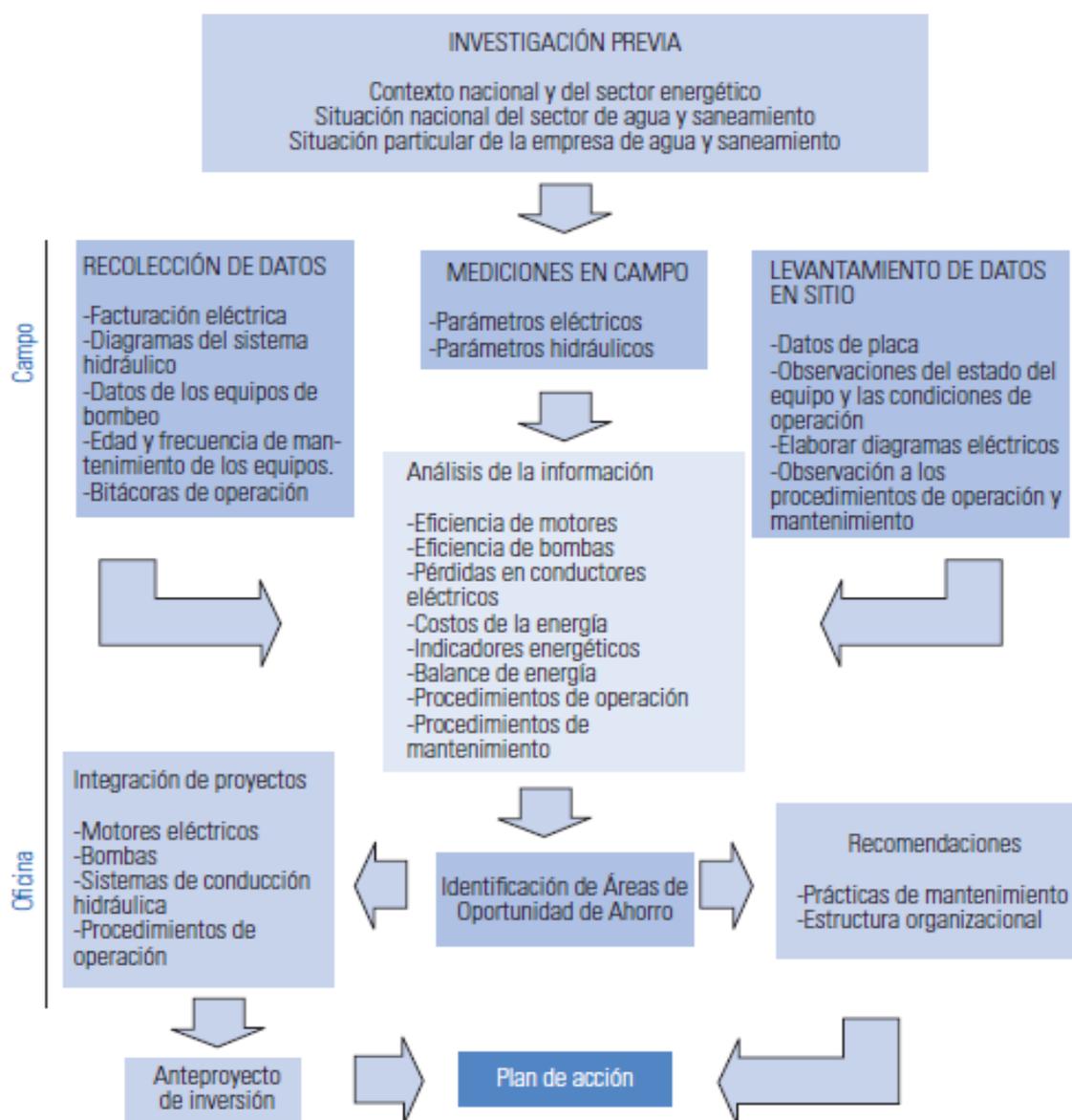
###### **3.1.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA.**

La Evaluación Energética (EE) en un sistema de agua y saneamiento es la aplicación de un conjunto de técnicas para determinar cómo se administra la energía, así como también para comprobar la eficiencia en cada uno de los componentes consumidores en una instalación de agua y saneamiento. Consiste en el análisis crítico de todos los componentes en una instalación consumidora de energía para determinar dónde y cómo se utiliza la misma además de especificar cuanta se desperdicia. . (BID, 2011)

El objetivo final es la identificación de medidas teóricas y administrativas rentables para el ahorro de energía en dicha instalación, como parte del desarrollo de una Plan integral de Eficiencia Energética (PIEE).

Para ejecutar la EE se sugiere seguir una secuencia ordenada que lleve a mejores resultados. Dicha secuencia requiere realizar trabajos de campo y oficina, En el grafico N°24, se muestra una diagrama que indica de manera resumida las principales actividades necesarias para realizar la EE en una empresa de agua. (BID, 2011)

**Grafico N° 24: Metodología para realizar la evaluación energética**



**Fuente: EVALUACIÓN PARA SISTEMAS DE BOMBEO, Manual de la eficiencia energética, Washington D.C. – BID – 2011**

Grosso modo y siguiendo un orden de las actividades descritas en el Grafico 24 la metodología consiste en realizar trabajos en dos etapas, una primera etapa con trabajos de campo y una segunda con trabajos de oficina, que para fines prácticos se definen a continuación. . (BID, 2011)

### 3.1.1.1. ACTIVIDADES DE CAMPO.

Las actividades de campo a realizarse son las siguientes.

- **Investigación Previa.** Tiene por objetivo revisar el contexto general del ambiente de una empresa de agua y saneamiento. Con la Investigación previa se determina los sistemas y equipos que podrían ser susceptibles para la aplicación de la EE.
- **Recolección de datos.** Después de la investigación previa, se deberán recolectar los datos básicos de los sistemas, los motores, las bombas, los conductores, los tanques, los planos eléctricos e hidráulicos, de las disciplinas relacionadas y datos adicionales como las condiciones de operación, población y topografía, necesarios para la realización de la EE. . (BID, 2011)
- **Planificación de mediciones de campo.** Con la información obtenida en los puntos anteriores, se deberá hacer un análisis de la planta que permita identificar los procesos y asociados a ellos la relevancia del consumo de energía y generar un ordenamiento cuantificado. Con estos datos se deberá definir una estrategia para el trabajo de campo, poniendo énfasis en las áreas más interesantes desde el punto de vista energéticos. . (BID, 2011)
- **Mediciones de campo.** Se debe realizar una campaña de mediciones de campo de los parámetros eléctricos e hidráulicos que permitirán realizar los cálculos de pérdidas y balance energéticos de los equipos sujetos a la EE. Y con esto determinar los elementos que tienen un potencial de ahorro importante y generar

las propuestas de medidas de ahorro correspondientes. Las mediciones deben estar enfocadas en el establecimiento de la línea base de los procesos y de la planta en su conjunto. . (BID, 2011)

### 3.1.1.2. ACTIVIDADES DE OFICINA.

Las actividades de oficina a realizarse son las siguientes . (BID, 2011)

- **Análisis de la información y evaluación de la eficiencia.** Una vez recolectada la información producción de las actividades de campo, esta deberá ser analizada. El análisis propuesto en esta metodología se refiere a los cálculos perdidos y a la siguiente información.
  - Calculo de pérdidas eléctricas en conductores y transformadores.
  - Calculo de pérdidas y eficiencia del motor.
  - Calculo de pérdidas y eficiencia de la bomba.
  - Calculo de pérdidas y carga de tuberías.
  - Calculo de pérdidas en la red.
  - Calculo de indicadores energéticos.
  - análisis estadístico de los indicadores.
  - Elaboración de balance de energía.
  - análisis de la operación.
  - Análisis del mantenimiento.

Con esto se determinara los elementos con un alto índice de pérdidas o menor eficiencia, a fin de concentrar en ellos las medidas de ahorro.

- **Propuesta de medias de ahorro.** Con el análisis de la información y la evaluación de los elementos de mayor consumo de energía, se determinara las

medidas de ahorro que para la metodología compuesta pueden incluir una o varias de las siguientes.

- Ahorro en tarifas de suministro.
- Reducción de pérdidas en las instalaciones eléctricas.
- Mejora de la eficiencia en motores eléctricos.
- Mejora de la eficiencia en bombas.
- Reducción de pérdidas mecánicas.
- Reducción de fugas de agua y pérdidas de carga.
- Mejoras en la operación.
- Mejoras en el mantenimiento.
- Sustitución del suministro de energía.
- Mejoramiento del alumbrado.
- Cambio de tecnologías.
- Aprovechamiento de energía residual.

La importación del balance de energía reside en que las medidas a tomar deben considerar la eficiencia operacional del servicio, es decir, que este cumpla o siga cumpliendo con el estándar definido de la prestación del servicio (caudal, continuidad, del servicio y presión mínima). . (BID, 2011)

- **Evaluación de medidas.** Como parte final de esta metodología se deben evaluar las medidas de ahorro, lo cual consiste en realizar lo siguiente.
- Calcular los ahorros (directos e indirectos) que se alcanzan con la medida.
- Calcular el monto total de las inversiones necesarias para la implantación de la medida.
- Calcular los costos adicionales (operación, mantenimiento y consumibles) asociados a la medida.

- Determinar los indicadores financieros (payback, valor presente neto, análisis del ciclo de vida del proyecto, etc.).

Siguiendo con esta metodología en forma ordenada, en los próximos capítulos se desarrollaran las bases teóricas, los procedimientos y las actividades específicas que le permitirán a la empresa de agua y saneamiento llevar a cabo la EE. En los sistemas de bombeo. . (BID, 2011)

### **3.1.2. METODOLOGÍA PARA EL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.**

La filosofía de gestión del mantenimiento, en la cual un equipo multidisciplinario de trabajo se encarga de optimizar la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, estableciendo las actividades más efectivas de mantenimiento en función de la criticidad de los activos pertenecientes a dicho sistema tomando en cuenta los posibles efectos que originaran los modos de fallas de estos activos a seguridad, al ambiente y a las operaciones. . (Roldan, 2011)

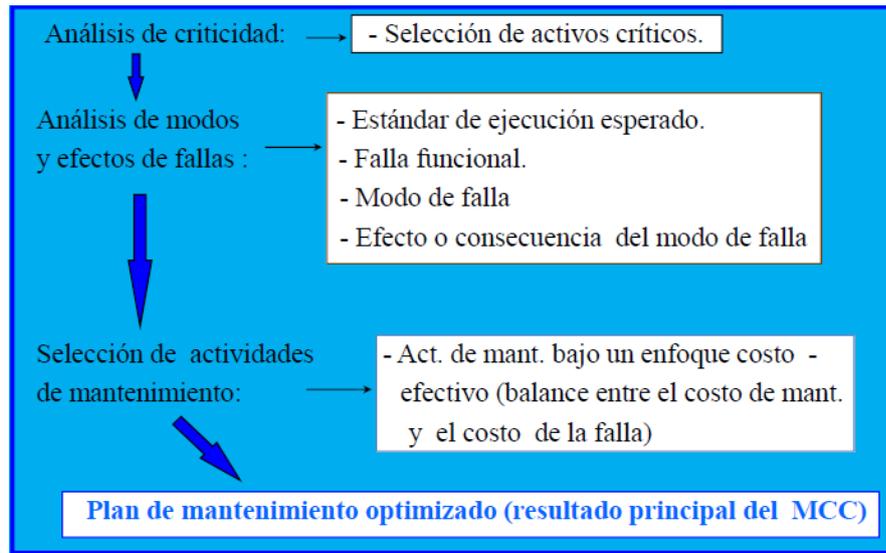
Herramienta que permite ajustar las acciones de control de fallas (estrategias de mantenimiento) al entorno operacional.

Metodología basada en un procedimiento sistemático que permite generar planes óptimos de mantenimiento / produce un cambio cultural

Los resultados de la aplicación del MCC tendrá su mayor impacto, en sistemas complejos con diversidad de modos de falla (ejemplo: equipos rotativos grandes)

Maduración, mediano plazo – largo plazo

Grafico N° 25: Esquema general de implantación del RCM



Fuente: TECSUP- Juan Roldan 2014

3.1.2.1. CONFIABILIDAD OPERACIONAL CO.

Capacidad de una instalación (infraestructura, personas, tecnología) para cumplir su función (haga lo que se espera de ella), y en caso de que falle, lo haga del modo menos dañino posible, una instalación confiable debe incluir tanto continuidad operacional como control de riesgos . (Vizcarra, 2014)

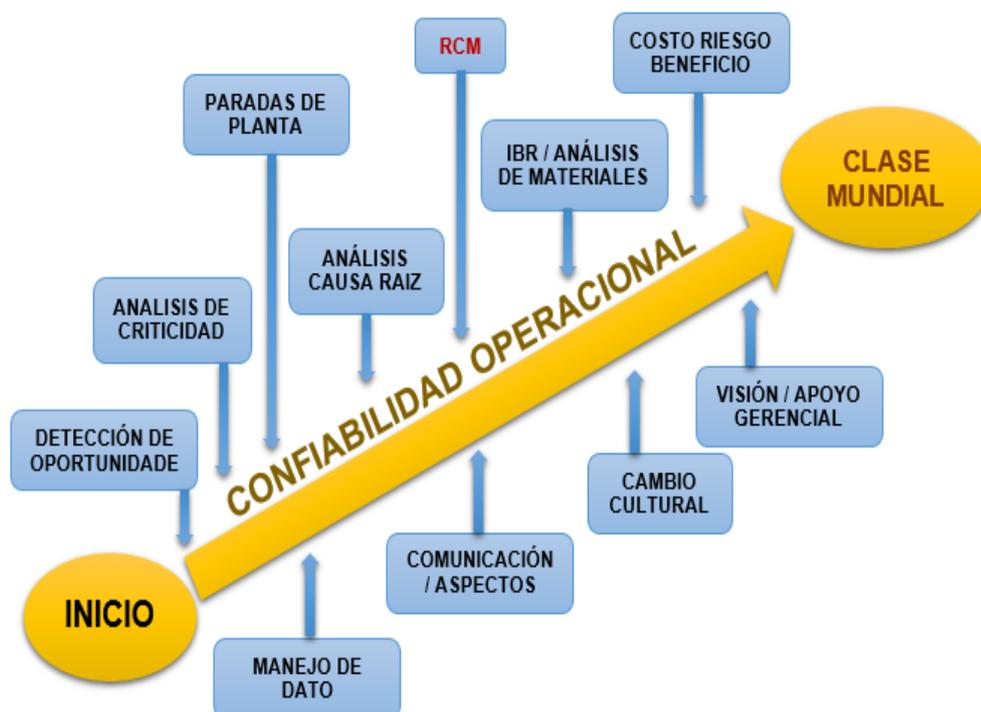
Grafico N° 26: Esquema general de implantación del RCM



Fuente: TECSUP- Juan Roldan 2014

- Mejorar CO se puede conseguir mediante muchas iniciativas
- No existe una única metodología que domine todos sus aspectos
- Depende de la interacción entre los equipos, los procesos, los humanos y el ambiente organizacional
- La persona ineludible de la incertidumbre coloca a la confiabilidad en el ámbito de las decisiones basadas en riesgo.

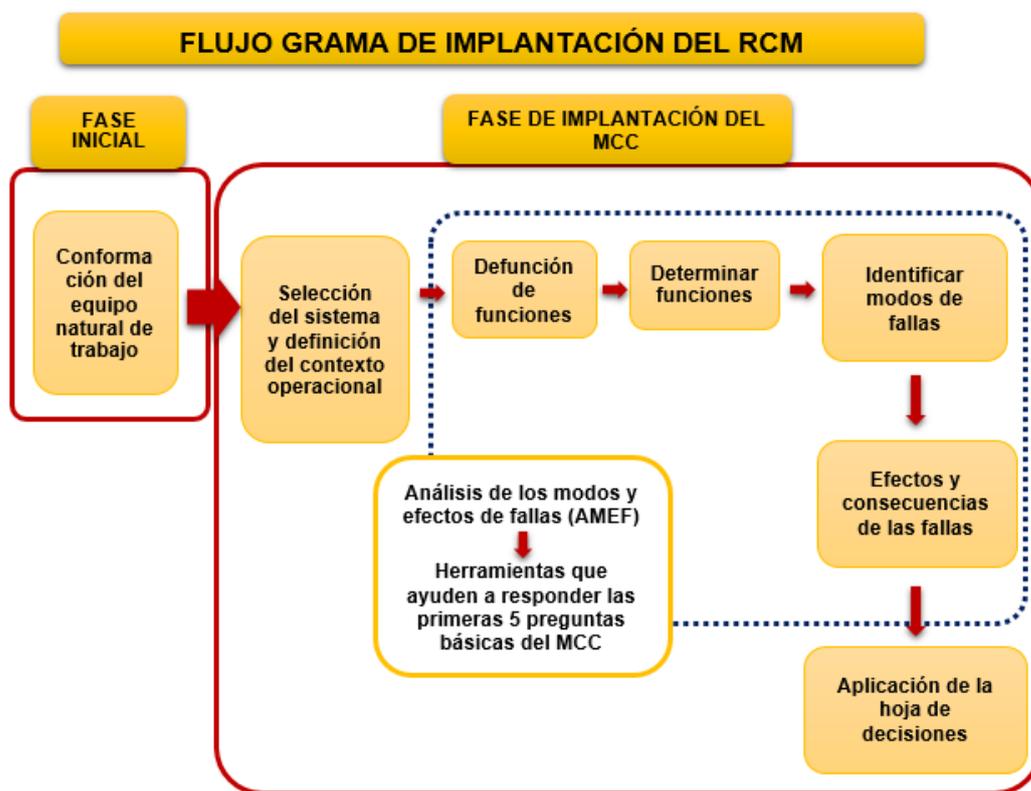
Grafico N° 27: Esquema general de implantación del RCM



Fuente: TECSUP- Juan Roldan 2014

### 3.1.2.2. PASOS DE IMPLANTACIÓN DEL RCM.

Grafico N° 28: Flujo Grama de implantación del RCM



Fuente: TECSUP- Juan Roldan 2014

#### 3.1.2.2.1. SELECCIÓN Y PRIORIZAR EQUIPOS.

- Evaluar producción y procesos de soporte para identificar los recursos físicos claves
- Evaluar el valor de cada recurso físico para la empresa.
  - Criticidad de la operación
  - Costo del tiempo de detención
  - Costo de reparación
- Definir los límites entre recursos físicos
- Determinar el nivel de análisis a ser usado.

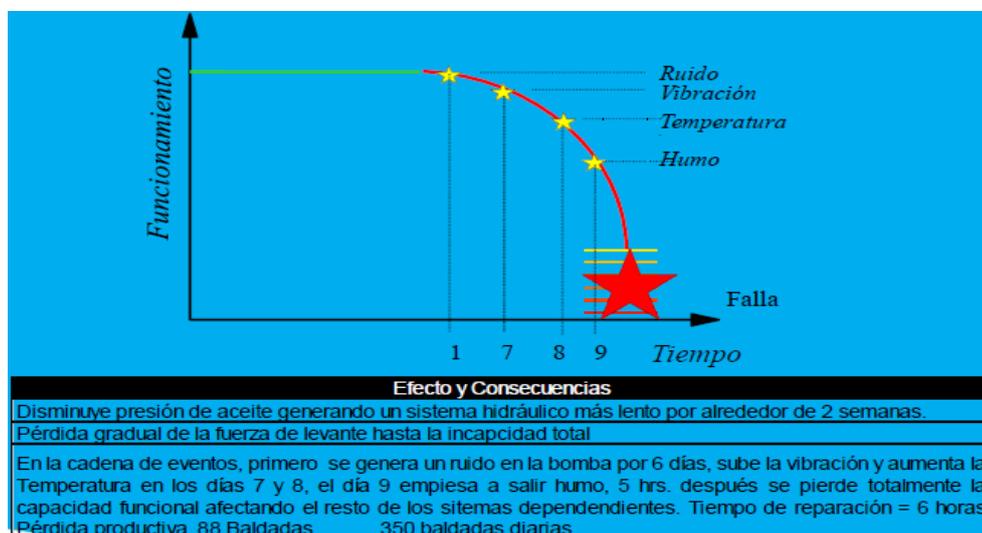
**3.1.2.2.2. DEFINIR FUNCIONES Y ESTÁNDARES DE DESEMPEÑO.**

- Definir funciones primarias, secundarias y protectores
  - Primarias, generalmente obvias
  - Secundarias, evidentes a menudo no tan obvias
  - Protectores, a menudo escondidas
- Establecer el nivel esperado de desempeño para cada función
- Cuantificar los límites de desempeño

**3.1.2.2.3. FALLAS FUNCIONALES.**

- Hacer la relación entre falla y desempeño
  - Falla total
  - Falla parcial
  - Fallas intermitentes
- Los tipos posibles de fallas
  - Técnica, seguridad, tolerancia de mantenimiento y operación
- Reconocer la diferencia entre una falla y un componente haciendo su trabajo

**Grafico N° 29: Fallas funcionales**



Fuente: TECSUP- Juan Roldan 2014

- La importancia del ambiente operativo en la definición de falla

#### **3.1.2.2.4. MODOS DE FALLAS.**

- Causa que provoca la pérdida de la función
- Que está sucediendo actualmente en los equipos bajo análisis
- El proceso de falla y los patrones de falla
- Como se manifiesta la falla físicamente (cadena de eventos)
- Que llega a ser evidente si la falla ocurre

#### **3.1.2.2.5. EFECTO DE FALLAS Y CONSECUENCIAS.**

- Describir que sucede cuando la falla se presenta
- Descripción de la cadena de acontecimientos como producto de la presencia de la falla
- Entender la severidad de las consecuencias
  - Que puede pasar si la falla permanece no detectada
  - Alguien ha muerto o están en riesgo de algún percance
  - Es el ambiente actualmente dañino o simplemente representa un riesgo
  - Cuanta capacidad de producción está dañada
  - Va a ser costosa la reparación o no

#### **3.1.2.2.6. SELECCIÓN TÁCTICAS DE MANTENIMIENTO.**

- Selección de criterio y uso de árbol lógico
- Tipos de tácticas de mantenimiento
  - Condición basada en monitoreo
  - Mantenimiento basado en el tiempo

- Defectos si todo lo otro falla
- Combinación de tácticas
  - Rediseño (ej. Incorporar sistemas de seguridad, uso de diferentes materiales, cambio de procesos, etc.)
  - Correr a la falla.
- Especificación de frecuencia inicial
- Tasas de falla estándares para equipos industriales

#### **3.1.2.2.7. IMPLEMENTACIÓN / AJUSTE.**

- Entendimiento de amenazas comunes en la implementación
- Desarrollo apropiado de agendas de mantenimiento
- Implementación de planificación efectiva
- Entendimiento de las necesidades para una revisión sobre la marcha, feedback y actualización de procesos
- Implementación sobre la marcha de los procesos revisados
- Tamaño del equipo
- Composición del equipo
- Capacidad CMMS
- Disponibilidad CMMS
- Disciplina (realización de programa)
- Disponibilidad de condiciones de monitoreo de equipos
- Entrenamiento a la gente
- Disponibilidad de datos
- Conocimiento de planta y equipos.

### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE INVESTIGACIÓN.

#### 3.2.1. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN.

Consta de 05 equipos de bombeo 04 del eje horizontal, 01 de eje vertical, que conducen el agua captada desde las cámaras de reunión hacia la planta de tratamiento, teniendo la descripción básica de los equipos:

La cámara de reunión consta de dos unidades interconectadas que tienen una capacidad conjunta de 200 m<sup>3</sup>

La oferta máxima de la estación es de 325 l/s, actualmente opera en el rango de 228 a 325 l/s Estas cámaras necesitan de mantenimiento, no cuentan con escaleras de ingreso y además estas unidades deberán ser independientes para efectos de limpieza.

Por otro lado la estación de bombeo no se encuentra culminada y deberá contar con 02 equipos de bombeo adicionales de 230 l/s, H = 20 m. la construcción de una nueva línea de impulsión cámara seca planta de tratamiento, nuevo sistema eléctrico y el cambio integral de equipamiento hidráulico del sistema de bombeo, válvulas de retención, canastillas de succión y macro medidor en las líneas de salida (EPS SEDA JULIACA S.A.)

**Cuadro N° 6: Características de las Electrobombas de Captación**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	IEM	Horizontal	75	1185	440	90.5	HIDROSTAL	75	110
2	IEM	Horizontal	75	1185	440	90.5	HIDROSTAL	75	110
3	WEG	Horizontal	75	1750	440	90.5	HISROSTAL	75	190
4	AEG	Vertical	28.5	1170	220	72	AWAG	28.5	22
5	DELCROSA	Horizontal	180	1750	440	220	HIDROSTAL	180	300

**Elaboración: Propia**

El equipo N° 05 no se encuentra operativo

### 3.2.2. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01.

Bombee el agua de la cisterna rectangular que fue construida en el año 2000 y cuenta con 04 equipos de bombeo, 03 de eje horizontal y 01 vertical de pozo profundo, la instalación cuenta con tableros de mando que pasaron su vida útil, sistema eléctrico inadecuado. El equipo N° 4 no se encuentra operativo El sistema de eléctrico, tableros de control y cableado interior requiere de un cambio (EPS SEDA JULIACA S.A.)

**Cuadro N° 7: Características de las Electrobombas de la estación de impulsión N° 01**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HIDROSTAL	60	38
2	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HIDROSTAL	110	120
3	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HISROSTAL	110	120
4	HOLLOSHAFT	Vertical	150	1170	440	172	C.B.A. PUMS	150	50
5	WEG	Vertical	175	1750	440	220	HIDROSTAL	175	80

Elaboración: Propia

### 3.2.3. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02.

Sala de impulsión construida por trabajos de PRONAP, para una capacidad de 300 l/s, con 04 equipos de bombeo centrifugas de eje horizontal, consta de 01 tanque hidroneumático para compensar los transitorios hidráulicos. La instalación está incompleta debido a que ha sido diseñada con el sistema de automatización, el que debería de gobernar los equipos y comunicación remota con los reservorios Santa Cruz, que no está implementada.

**Cuadro N° 8: Características de las Electrobombas de la Estación de Impulsión N° 02**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	WEG	Horizontal	125	1750	440	148	HIDROSTAL	125	110
2	WEG	Horizontal	150	1750	440	148	HIDROSTAL	125	110
3	WEG	Horizontal	125	1750	440	148	HISROSTAL	125	110
4	WEG	Horizontal	150	1750	440	148	HISROSTAL	125	110

Elaboración: Propia

### 3.2.4. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03.

La sala de impulsión construida por fondos propios de la EPS SEDA JULIACA S.A. cuenta con 02 bombas sumergibles conectadas a un tanque de almacenamiento de agua ya tratada, impulsan el agua potable al reservorio elevado R-06. Con una capacidad de 100 l/s, cuenta con sistemas de control por PLC aun faltando la automatización de operación por telemetría.

**Cuadro N° 9: Características de las Electrobombas de la Estación de Impulsión N° 03**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	WEG	Sumergible	20	1750	440	70	HIDROSTAL	20	30
2	WEG	Sumergible	20	1750	440	70	HIDROSTAL	20	30

**Elaboración: Propia**

### 3.3. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN.

#### 3.3.1. DATOS GENERALES.

La EPS SEDA JULIACA S.A. es una empresa de tratamiento empresarial de derecho privado, constituida como Sociedad Anónima, a cargo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Sus servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés social.

- Creación de la EPS. - Decreto Supremo N° 006-91-PCM.
- Reconocimiento como EPS pos SUNASS - Resolución de Superintendencia N° 018-95-PRES.
- Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley 26338, Decreto Supremo N°023-2005-VIVIENDA.
- Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972.

- Ley General de Sociedades N° 26887.
- Ley General de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento N° 26284 y su Reglamento D.S. N° 24-94-PRES.

#### **3.3.1.1. RAZÓN SOCIAL.**

Entidad Prestadora de Servicios de Saneamiento – Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado de Juliaca Sociedad Anónima.

#### **3.3.1.2. ABREVIATURA.**

EPS SEDA JULIACA S.A.

#### **3.3.1.3. UBICACIÓN.**

Nombre : EPS SEDA JULIACA S.A.

Dirección : Av. San Martín N° 2011

RUC : 20115123999

Teléfono / fax : (051)-311933

Altitud m.s.n.m. : 3750

Temperatura máx. : 22 °C

#### **3.3.1.4. FUENTE DE AGUA.**

El agua superficial es captada del río Coata mediante 5 tuberías de acero distribuidas a las orillas del río, con diámetros de 600mm (1), 400mm (2), 350mm (1), 250mm (1), de 10 metros de longitud aproximadamente cada una, las cuales disponen en su extremidad un sistema de cribado tipo canastilla metálica que tiene por finalidad

retener material flotante conducido por el río. Estas conducen el agua por gravedad a dos cisternas de succión denominados cámaras de reunión a partir de las cuales se bombea el agua hacia la planta de tratamiento de agua.

Las tuberías ya han pasado su vida útil, las más antiguas tienen 40 años de antigüedad y en ellas se aprecia el deterioro de las canastillas de succión, que no retiren el material grueso y flotante. Asimismo las válvulas de ingreso se encuentran deterioradas.

A la fecha las condiciones de calidad del agua son alteradas por la población circundante a la fuente haciendo uso del río como basurero, lavado de autos, cueros, ropas entre otros. La captación carece de desarenadores por lo que la arenilla ingresa a las cámaras de reunión acumulándose en ellas y deteriorando los equipos de bombeo. (EPS SEDA JULIACA S.A.)

### **3.3.2. ESTACIÓN DE CAPTACIÓN.**

Consta de 05 equipos de bombeo 04 del eje horizontal, 01 de eje vertical, que conducen el agua captada desde las cámaras de reunión hacia la planta de tratamiento, teniendo la descripción básica de los equipos:

La cámara de reunión consta de dos unidades interconectadas que tienen una capacidad conjunta de 200 m<sup>3</sup>

La oferta máxima de la estación es de 325 l/s, actualmente opera en el rango de 228 a 325 l/s Estas cámaras necesitan de mantenimiento, no cuentan con escaleras de ingreso y además estas unidades deberán ser independientes para efectos de limpieza.

Por otro lado la estación de bombeo no se encuentra culminada y deberá contar con 02 equipos de bombeo adicionales de 230 l/s, H = 20 m. la construcción de una nueva

línea de impulsión cámara seca planta de tratamiento, nuevo sistema eléctrico y el cambio integral de equipamiento hidráulico del sistema de bombeo, válvulas de retención, canastillas de succión y macro medidor en las líneas de salida (EPS SEDA JULIACA S.A.)

**Cuadro N° 10: Características de las Electrobombas de Captación**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	IEM	Horizontal	75	1185	440	90.5	HIDROSTAL	75	110
2	IEM	Horizontal	75	1185	440	90.5	HIDROSTAL	75	110
3	WEG	Horizontal	75	1750	440	90.5	HISROSTAL	75	190
4	AEG	Vertical	28.5	1170	220	72	AWAG	28.5	22
5	DELCROSA	Horizontal	180	1750	440	220	HIDROSTAL	180	300

**Elaboración: Propia**

El equipo N° 05 no se encuentra operativo

### 3.3.3. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 01.

Bombee el agua de la cisterna rectangular que fue construida en el año 2000 y cuenta con 04 equipos de bombeo, 03 de eje horizontal y 01 vertical de pozo profundo, la instalación cuenta con tableros de mando que pasaron su vida útil, sistema eléctrico inadecuado. El equipo N° 4 no se encuentra operativo El sistema de eléctrico, tableros de control y cableado interior requiere de un cambio (EPS SEDA JULIACA S.A.)

**Cuadro N° 11: Características de las Electrobombas de la estación de impulsión N° 01**

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HIDROSTAL	60	38
2	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HIDROSTAL	110	120
3	DELCROSA	Horizontal	180	1765	440	220	HISROSTAL	110	120
4	HOLLOSHAFT	Vertical	150	1170	440	172	C.B.A. PUMS	150	50
5	WEG	Vertical	175	1750	440	220	HIDROSTAL	175	80

**Elaboración: Propia**

### 3.3.4. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 02.

Sala de impulsión construida por trabajos de PRONAP, para una capacidad de 300 l/s, con 04 equipos de bombeo centrifugas de eje horizontal, consta de 01 tanque hidroneumático para compensar los transitorios hidráulicos. La instalación está incompleta debido a que ha sido diseñada con el sistema de automatización, el que debería de gobernar los equipos y comunicación remota con los reservorios Santa Cruz, que no está implementada.

*Cuadro N° 12: Características de las Electrobombas de la Estación de Impulsión N° 02*

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	WEG	Horizontal	125	1750	440	148	HIDROSTAL	125	110
2	WEG	Horizontal	150	1750	440	148	HIDROSTAL	125	110
3	WEG	Horizontal	125	1750	440	148	HISROSTAL	125	110
4	WEG	Horizontal	150	1750	440	148	HISROSTAL	125	110

**Elaboración: Propia**

### 3.3.5. ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N° 03.

La sala de impulsión construida por fondos propios de la EPS SEDA JULIACA S.A. cuenta con 02 bombas sumergibles conectadas a un tanque de almacenamiento de agua ya tratada, impulsan el agua potable al reservorio elevado R-06. Con una capacidad de 100 l/s, cuenta con sistemas de control por PLC aun faltando la automatización de operación por telemetría.

*Cuadro N° 13: Características de las Electrobombas de la Estación de Impulsión N° 03*

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	WEG	Sumergible	20	1750	440	70	HIDROSTAL	20	30
2	WEG	Sumergible	20	1750	440	70	HIDROSTAL	20	30

**Elaboración: Propia**

### 3.3.6. FILTROS A PRESIÓN.

Diseña y construida por la EPS. SEDA JULIACA S.A. Cuenta con 02 unidades de diseño propio – filtro piloto, que maximizan la producción en la etapa de filtrado de cuerpo y están conectados a sedimentar de finos 01 y 02.

*Cuadro N° 14: Características de las Electrobombas de Filtros a Presión*

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO						BOMBA HIDRAULICA		
	MARCA	TIPO	POTENCIA (Hp)	ROTACION (rpm)	VOLTAJE (volt)	CORRIENTE (Amp.)	MARCA	POTENCIA (Hp)	CAUDAL (l/s)
1	WEG	Horizontal	25	1750	440	30	HIDROSTAL	25	40
2	WEG	Horizontal	25	1750	440	30	HIDROSTAL	25	40

Elaboración: Propia

### 3.3.7. SUB ESTACIÓN Y CASA DE FUERZA.

Está compuesta por un transformador de 800 kVA con relación de transformación de 10000/460 V. La llegada es mediante una línea de transmisión de 10 kV, la cual alimenta hacia un tablero de llegada de media tensión de 10.000 V. Existe transformador de baja tensión de 440/220 de potencia 50 KVA. Existen tableros de control eléctrico con una antigüedad de más de 20 años.

La casa de fuerza se compone de 03 equipos electrógenos

*Cuadro N° 15: Características de las Electrobombas de Captación*

EQUIPO N°	MOTOR ELECTRICO			BOMBA HIDRAULICA						
	MARCA	MODELO	POTENCIA (Hp)	MARCA	MODELO	POTENCIA (Kw)	VOLTAJE (Volt)	CORRIENTE (Amp.)	TOTACION (rpm)	FRECUENCIA (Hz)
1	CATERPILLAR	3412	600	-	-	455	240	1368	1800	60
2	CATERPILLAR	3412	613	-	SR4	460	480	691	1800	60
3	VOLVO PENTA	TAD1631	687	PARTNER	471L9C	450	480	677	1800	60

Elaboración: Propia

Solo se encuentra operativo el equipo 01, quedando pendiente de mantenimiento el equipo 02. El equipo 03 es nuevo pero que a la fecha no se encuentra en funcionamiento

por estar incompleto los relés de transferencia y calibración de arranque de los equipos.

El equipo 03 corresponde a las obras de PRONAP

### 3.3.8. CASA QUÍMICA.

Recientemente acondicionada para trabajar con Polycloruro de aluminio para maximizar la producción de agua en cuanto a la floculación cuenta con unidades de mezclado de agua con polycloruro de aluminio que alimentan al ingreso del sedimentador de gruesos.

### 3.3.9. ALMACENAMIENTO.

El sistema de abastecimiento de agua potable de Juliaca, tiene capacidad total de almacenamiento de 10,735 m<sup>3</sup>, repartido en seis reservorios. Cuatro de ellos se encuentran ubicados en el sector de cerro Santa Cruz, con capacidades R-2 de 3000 m<sup>3</sup>, R-5 de 3000 m<sup>3</sup>, R-1 de 1000 m<sup>3</sup> y R-3 de 225 m<sup>3</sup>. El otro reservorio R-4 tiene capacidad de 3000 m<sup>3</sup> y se encuentra en el sector de Cerro Colorado. Además se cuenta con 01 reservorio elevado nuevo de 510 m<sup>3</sup> que se encuentra en el sector Independencia. (EPS SEDA JULIACA S.A.)

**Cuadro N° 16: Características de los Reservorios**

NOMBRE	TIPO	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	NIVEL (m.s.n.m)	
			Nivel de agua	Nivel de fondo
R1 - Santa Cruz	Apoyado	1000	3850.51	3845.78
R2 - Santa Cruz	Apoyado	3000	3857.12	3850.42
R3 - Tres de Mayo	Apoyado	225	3889.83	3886.98
R4 - Cerro Colorado	Apoyado	3000	3980.71	3874.01
R5 - Santa Cruz	Apoyado	3000	3856.95	3850.25
R6 - Independencia	Elevado	510	3852.8	3848.8

Elaboración: Propia

**3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR INFORMACIÓN.**

**Cuadro N° 17: Instrumento para recolectar información**

VARIABLE	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTO	TIPO DE VARIABLE
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Evaluación de eficiencia energética	costo de operación	soles / mes	Informes de DPCMA	nominal
	Balance de energía	Kwh	M.S. Excel	nominal numerica
	Tarifación eléctrica	Kw/h	M.S. Excel	nominal numerica
	Perdidas en los conductores	Kw	Multimetro	nominal numerica
	Perdidas de carga	m.c.a.	Manómetros	nominal numerica
	Eficiencia en las bombas hidráulicas	%	Manómetros	nominal numerica
	Eficiencia en los motores eléctricos	%	Analizador de redes	nominal numerica
	Operación de equipos	hr / mes	Informes de DPCMA	nominal numerica
	Corriente de arranque y nominal	Amp.	Analizador de redes	nominal numerica
	Potencia activa	KW	Analizador de redes	nominal numerica
	Potencia aparente	KVA	Analizador de redes	nominal numerica
	Potencia reactiva	KVAR	Analizador de redes	nominal numerica
	Factor de potencia	Cos $\phi$	Analizador de redes	nominal numerica
	Distorsión armónica total	Thd	Analizador de redes	nominal numerica
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Costo de mantenimiento	soles / año, soles / mes	Informes de DME	nominal
	Coefficiente de confiabilidad	0% - 100%	Met. Matemático de Weibul	nominal
	Coefficiente de mantenibilidad	0% - 100%	Met. Matemático de Weibul	nominal
	Costo evitado	soles / año	Evaluación económica del RCM	nominal
	Tiempo promedio entre fallas	días, horas	Base de DATA	numérica continua
	Criticidad de equipos	alto, medio, bajo	Evaluación de criticidad	nominal tricotómica
	efectos de falla	soles / año	Evaluación de fallas	nominal
	Test de rendimiento de mantenimiento	0% - 100%	Encuesta	nominal
	Modos de fallas	causa raíz,	Evaluación de fallas	ordinal
	Costo de producción	soles / m <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> O	Informes de DPCMA	nominal
	Costo de repuestos	Soles, dolares	Informes de DME	nominal

**Elaboración: Propia**

### 3.5. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

**Cuadro N° 18: Técnicas para el procesamiento y análisis de datos**

VARIABLE	INDICADOR	VALOR FINAL	INSTRUMENTO	PROCESAMIENTO / ANALISIS
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Evaluación de eficiencia energética	costo de operación	soles / mes	Informes de DPCMA	M.S. Excel
	Balace de energía	Kwh	Metodología del BID- AE	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Tarifación eléctrica	Kw/h	Normas eléctricas CCNE, DGE, OSINERMINING	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Perdidas en los conductores	Kw	Multímetro	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Perdidas de carga	m.c.a.	Manómetros	M.S. Excel
	Eficiencia en las bombas hidráulicas	%	Manómetros	M.S. Excel
	Eficiencia en los motores eléctricos	%	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Operación de equipos	hr / mes	Informes de DPCMA	M.S. Excel
	Corriente de arranque y nominal	Amp.	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Potencia activa	KW	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Potencia aparente	KVA	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Potencia reactiva	KVAR	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Factor de potencia	Cos $\phi$	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
	Distorsión armónica total	Thd	Analizador de redes	Software DATAVIEW, POWER PAD II, M.S. Excel
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad	Costo de mantenimiento	soles / año, soles / mes	Informes de DME	M.S. Excel
	Coefficiente de confiabilidad	0% - 100%	Met. Matemático de Weibul	M.S. Excel
	Coefficiente de mantenibilidad	0% - 100%	Met. Matemático de Weibul	M.S. Excel
	Costo evitado	soles / año	Evaluación económica del RCM	M.S. Excel
	Tiempo promedio entre fallas	días, horas	Base de DATA	M.S. Excel
	Criticidad de equipos	alto, medio, bajo	Evaluación de criticidad	M.S. Excel
	Efectos de falla	soles / año	Evaluación de fallas	M.S. Excel
	Test de rendimiento de mantenimiento	0% - 100%	Encuesta	M.S. Excel
	Modos de fallas	causa raíz,	Evaluación de fallas	M.S. Excel
	Costo de producción	soles / m <sup>3</sup> de H <sub>2</sub> O	Informes de DPCMA	M.S. Excel
Costo de repuestos	Soles, dolares	Informes de DME	M.S. Excel	

**Elaboración: Propia**

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **2.5. PLAN DE TRATAMIENTO DE DATOS.**

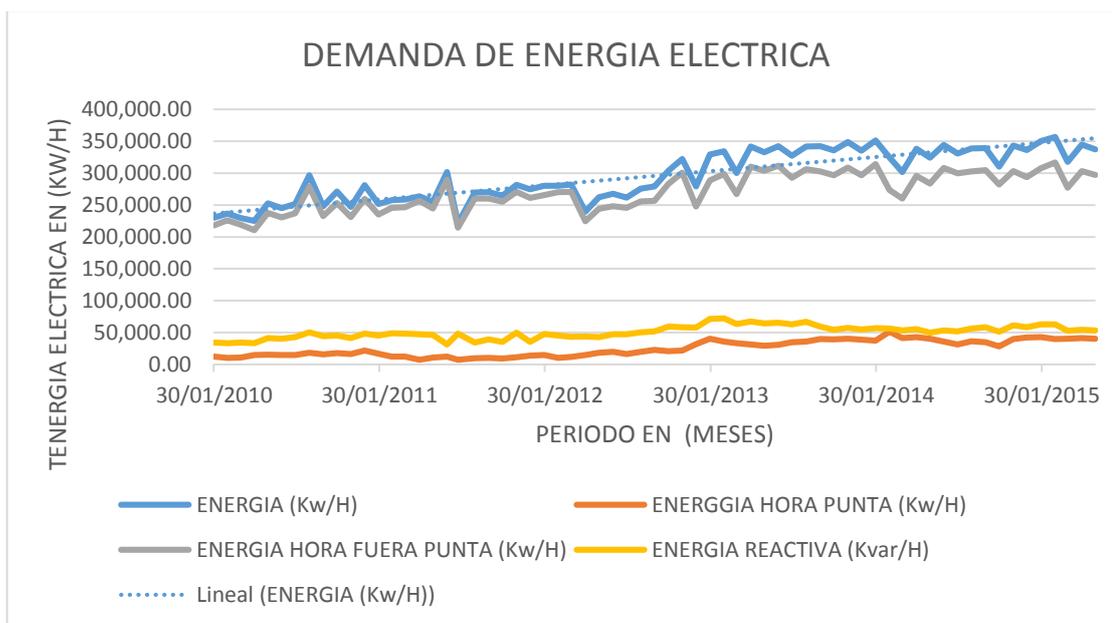
##### **2.5.4. DATOS PARA LA HIPÓTESIS N°01.**

- El cambio de tecnología y el sistema de control incrementara la eficiencia energética de los equipos electromecánicos permitiendo mejorar el ahorro de energía eléctrica en las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.

**2.5.4.1.CONSUMO ELÉCTRICO DE LA PTAP.**

La Panta de Tratamiento de Agua Potable en los últimos 5 años ha presentado un incremento en su demanda de energía así como se muestra en el Grafico N° 29 , para captar agua cruda del rio Coata y tratarla y hacerla potable

**Grafico N° 30: Demanda de energía en (Kw/H)**



**Elaboración: Propia**

En el año 2013 se incrementó más la demanda de energía para la producción y operación de la planta Además a inicios del año 2013 se tiene más presencia de la demanda de energía en hora punta incrementando la facturación el costo de Kw/H y por ende incrementando la energía reactiva Kvar/H. Así como se muestra en el siguiente Cuadro N° 19

**Cuadro N° 19: Comparación de energías**

DENOMINACION	ENERIA PROMEDIO	UNIDAD
ENERGIA TOTAL (ET)	295,726.06	Kw/H
ENERGIA PRESENTE HORA PUNTA (EPHP)	24,998.96	Kw/H
ENERGIA FUERA HORA PUNTA (EFHP)	270,727.10	Kw/H
ENERGIA REACTIVA (ER)	50,656.32	Kvar/H
ET / ER	17.13	%
ET / EPHP	8.45	%
ET / EFHP	91.55	%

**Elaboración: Propia**

2.5.4.2. DATOS ELÉCTRICOS TOMADOS EN CAMPO.

Cuadro N° 20: Datos eléctricos tomados en campo

CODIGO DE EQUIPOS	DATOS EVALUADOS EN CAMPO																					
	TENSION (Volt)			CORRIENTE (Amp)			POTENCIA ACTIVA (kw)			POTENCIA REACTIVA (Kvar)			POTENCIA APARENTE (KVA)			POTENCIA TRIFASICA			FACTOR DE POTENCIA			
	V 1-2	V 2-3	V 1-3	I 1-2	I 2-3	I 1-3	P 1	P 2	P 3	Q 1	Q 2	Q 3	S 1	S 2	S 3	P (Kw)	Q (Kvar)	S (KA)	FP 1	FP 2	FP 3	FP - Mean
EC1-ME1	443.3	445	441.3	50.4	51.8	49.0	9.144	9.327	8.229	7.184	8.36	7.918	11.64	12.54	11.43	26.70	23.46	35.61	0.783	0.741	0.721	0.748
EC1-ME2	417.6	420.8	423.5	35.60	36.10	40.10	6.299	7.115	7.433	5.804	4.905	6.33	8.632	8.711	9.824	20.85	17.04	27.17	0.73	0.817	0.757	0.768
EC1-ME3	434	435.6	431.8	92.42	93.2	90.02	17.990	17.750	16.910	14.27	15.43	14.71	23.01	23.57	22.45	52.65	44.41	69.03	0.781	0.752	0.753	0.762
EC1-ME4	213.4	213	214.7	43.10	40.00	42.00	3.750	3.608	3.777	3.666	3.194	3.391	5.345	4.926	5.172	11.14	10.25	15.44	0.702	0.733	0.73	0.722
BE1-ME4	442.4	440.4	443.9	87.02	81.22	78.56	17.89	17.35	15.73	13.32	10.99	12.2	22.39	20.64	19.99	50.97	36.51	63.02	0.798	0.84	0.786	0.808
BE1-ME5	438.5	436.3	440.5	181.3	179	172.1	36.937	36.887	35.187	27.559	25.614	25.724	46.174	45.182	43.635	109.01	78.90	134.99	0.799	0.818	0.808	0.808
BE2-ME1	418.5	422.5	416.2	117	126.8	110.2	27.439	29.407	25.067	6.443	9.942	8.889	28.312	31.154	26.721	81.91	25.27	86.19	0.973	0.946	0.942	0.954
BE2-ME2	432.8	436.2	431.5	117.4	126.1	109.5	29.15	31.48	27.01	1.141	4.45	4.064	29.19	31.83	27.33	87.64	9.66	88.35	0.998	0.989	0.988	0.992
BE2-ME3	423.6	426.8	420.5	102.8	113.8	106.2	24.152	29.215	24.575	1.707	3.556	5.958	24.258	29.487	25.321	77.94	11.22	79.07	0.996	0.991	0.971	0.986
BE2-ME4	419.6	423	416.4	120.2	128.7	113	28.76	31.07	26.72	2.303	5.733	5.116	28.88	31.63	27.22	86.55	13.15	87.73	0.996	0.982	0.981	0.986
BE3-ME1	432.4	434.9	436	63.46	64.53	68.55	11.75	13.35	14.41	10.16	8.242	10.86	15.57	15.73	18.08	39.51	29.26	49.38	0.754	0.848	0.797	0.800
BE3-ME2	434	436.4	437.4	60.08	59.89	61.93	12.69	12.99	13.54	8.018	7.413	7.918	15.06	15.01	15.73	39.22	23.35	45.80	0.843	0.865	0.865	0.856

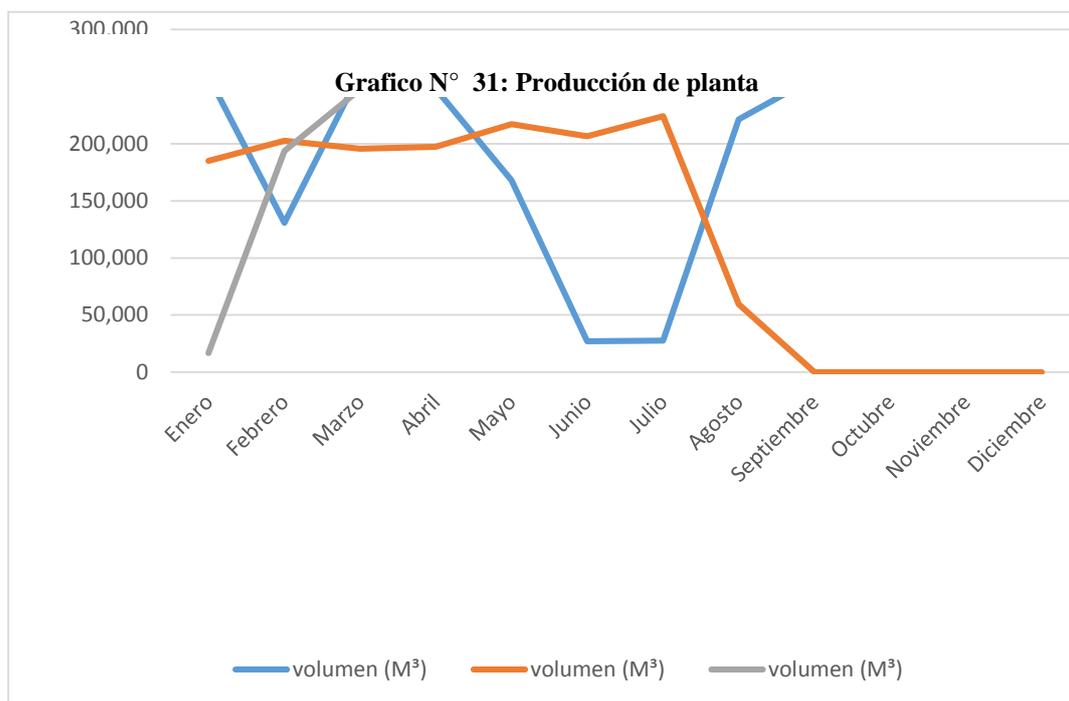
Elaboración: Propia

2.5.4.3. PRODUCCIÓN DE AGUA DE LA PTAP.

Cuadro N° 21: Producción de agua de la PTAP

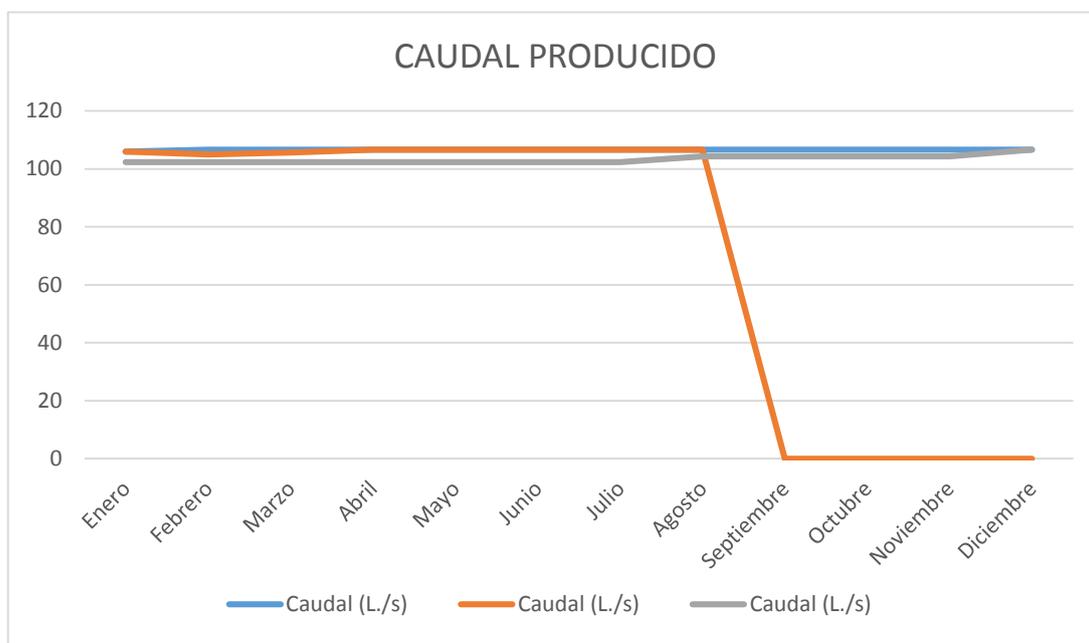
INSTALACION	PERIODO 2014	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)
P R O D U C T I O N	Enero	259,068	678	106	185,018	481	106	16,801	46	102
	Febrero	130,739	340	107	202,789	537	105	193,776	524	102
	Marzo	262,168	682	107	195,633	509	106	247,596	672	102
	Abril	248,351	646	107	197,438	511	107	244,286	662	102
	Mayo	167,864	435	107	217,199	564	107	255,003	691	102
	Junio	27,054	71	107	206,603	535	107	243,800	660	102
	Julio	27,689	73	107	224,260	584	107	253,417	689	102
	Agosto	221,529	576	107	59,450	154	107	254,400	677	104
	Septiembre	258,135	672	107	0	0	0	251,720	670	104
	Octubre	255,236	664	107	0	0	0	248,471	661	104
	Noviembre	255,236	664	107	0	0	0	248,471	661	104
	Diciembre	264,604	689	107	0	0	0	263,209	685	107

Elaboración: Propia



Elaboración: Propia

**Grafico N° 32: Caudal producido**



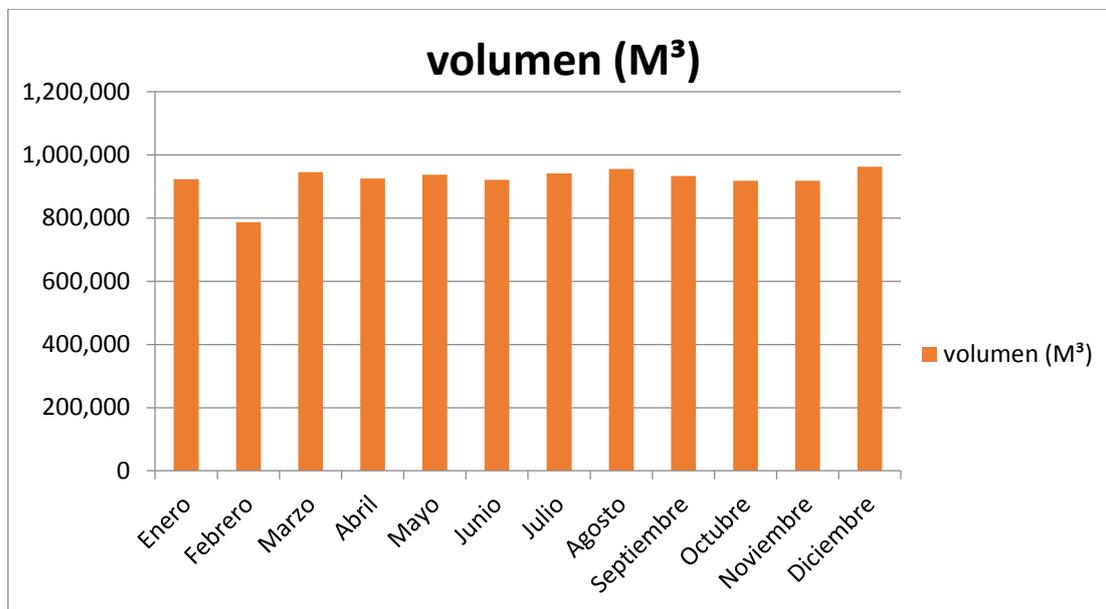
Elaboración: Propia

Cuadro N° 22: Caudal producido

INSTALACION	PERIODO 2014	EQUIPO 01			EQUIPO 02			EQUIPO 03			EQUIPO 04			EQUIPO 05			RESUMEN			
		volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L/s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L/s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L/s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L/s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L/s)	volumen (M³)	Caudal promedio (L/s)	Horas trabajadas (HR)	Funcionamiento de equipos (HR)
C A P T A C I O N	Enero	232,994	580	111	218,900	545	111	441,057	669	186	22,864	159	40	7,578	6	270	923,393	361	721	1,952
	Febrero	153,038	380	112	158,973	399	110	384,185	558	192	828	6	40	89,294	88	285	786,318	345	634	1,431
	Marzo	223,091	575	108	218,681	563	108	475,732	689	192	27,144	194	40	0	0	0	945,248	350	754	2,021
	Abril	229,797	561	113	212,404	520	113	476,942	670	198	6,394	44	40	0	0	0	925,537	379	682	1,795
	Mayo	212,290	598	99	190,814	537	98	495,698	700	197	38,229	266	40	0	0	0	937,031	333	792	2,101
	Junio	193,786	587	92	187,500	571	92	474,454	681	193	65,297	497	37	0	0	0	921,037	296	977	2,336
	Julio	183,756	583	88	180,733	572	88	473,411	685	192	65,012	471	38	38,450	43	246	941,362	298	970	2,354
	Agosto	214,070	583	102	203,734	557	102	485,005	693	194	46,714	371	35	5,728	8	212	955,251	320	884	2,212
	Septiembre	213,775	570	102	197,091	535	102	482,430	677	198	39,380	312	35	0	0	0	932,676	331	801	2,094
	Octubre	216,889	575	105	196,007	521	104	476,660	670	197	28,115	224	35	0	0	0	917,671	339	755	1,990
	Noviembre	210,478	615	95	191,676	560	95	475,170	677	195	40,351	321	35	0	0	0	917,675	322	821	2,173
	Diciembre	220,576	651	94	193,578	572	94	493,847	699	196	54,849	435	35	0	0	0	962,850	311	943	2,357

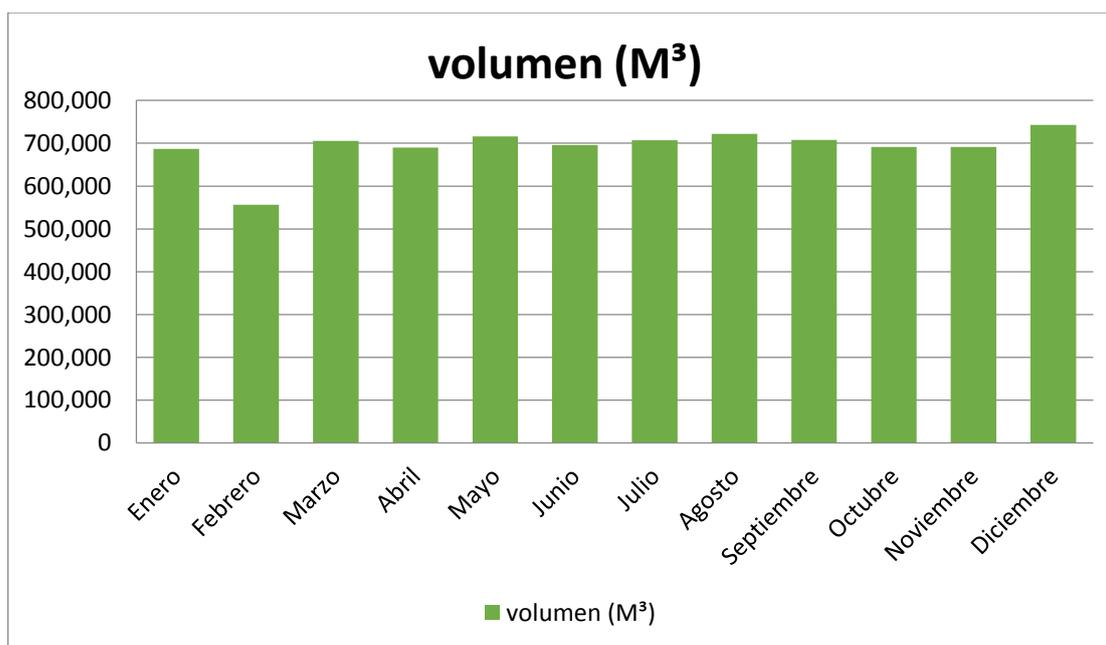
Elaboración: Propia

Grafico N° 33: Producción total en volumen



Elaboración: Propia

Grafico N° 34: Producción de impulsión N° 2



Elaboración: Propia

2.5.4.4. DATOS HIDRÁULICOS TOMADOS EN CAMPO

Cuadro N° 23: Producción de impulsión N° 2

INSTALACION	PERIODO 2014	EQUIPO 01			EQUIPO 02			EQUIPO 03			EQUIPO 04			RESUMEN			
		volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Horas (HR)	Caudal (L./s)	volumen (M³)	Caudal promedio (L./s)	Horas trabajadas (HR)	Funcionamiento de equipos (HR)
I	Enero	259,068	678	106	185,018	481	106	16,801	46	102	225,679	634	98	686,566	283	678	1,839
M	Febrero	130,739	340	107	202,789	537	105	193,776	524	102	29,457	84	98	556,761	238	651	1,485
P	Marzo	262,168	682	107	195,633	509	106	247,956	672	102	0	0	0	705,397	286	686	1,863
U	Abril	248,351	646	107	197,438	511	107	244,286	662	102	0	0	0	690,075	288	669	1,819
L	Mayo	167,864	435	107	217,199	564	107	255,003	691	102	76,290	209	100	716,356	286	699	1,899
S	Junio	27,054	71	107	206,603	535	107	243,800	660	102	218,538	569	104	695,995	290	669	1,835
I	Julio	27,689	73	107	224,260	584	107	253,417	689	102	201,872	523	104	707,238	284	696	1,869
O	Agosto	221,529	576	107	59,450	154	107	254,400	677	104	186,722	473	104	722,101	292	691	1,880
N	Septiembre	258,135	672	107	0	0	0	251,720	670	104	197,765	512	104	707,620	290	678	1,854
O	Octubre	255,236	664	107	0	0	0	248,471	661	104	187,982	487	104	691,689	290	667	1,812
O	Noviembre	255,236	664	107	0	0	0	248,471	661	104	187,982	487	104	691,689	290	667	1,812
2	Diciembre	264,604	689	107	0	0	0	263,209	685	107	214,945	557	104	742,758	300	690	1,931

Elaboración: Propia

Cuadro N° 24: Datos hidráulicos tomados en campo

CARACTERÍSTICA DEL FLUIDO A BOMBLEAR		DATOS DE VOLUTA		DATOS DE IMPULSOR/DATOS DE DISEÑO		MEDICIONES HIDRAULICAS							LINEA DE DESCARGA			L. DE SUCCION			
UBICACIÓN	AREA	CODIGO DE EQUIPOS	MATERIA L	TIPO	TIPO	MATERIA L	CARGA (mca)	GASTO (lps)	NIVEL DEL DEPÓSITO DE SUCCION (m)	LONG. DE LA TUBERIA DE SUCCION (m)	LONG. DE LA TUBERIA EN DESCARGA (m)	ALtura DEL MANOMETRO DE DESCARGA (m)	DESCARGA (m)	DIAMETRO (m)	GASTO (lps)	MATERIA L	LECTURA DE MANOMETRO (ke/cm2)	DIAMETRO (m)	MATERIA L
PTAP	EC1	EC1-BH1	AC C40	T. horizontal	Abierto	Acero	25	100	1.34	4.6	0.96	0.79	0.25	50	AC C40	0.95	0.25	AC C40	
PTAP	EC1	EC1-BH2	AC C40	T. horizontal	Abierto	Acero	25	100	1.34	4.6	1.2	0.79	0.25	94	AC C40	1.3	0.25	AC C40	
PTAP	EC1	EC1-BH3	AC C40	T. horizontal	Abierto	Acero	25	150	1.34	4.6	1.01	0.62	0.3	95	AC C40	1.3	0.25	AC C40	
PTAP	EC1	EC1-BH4	AC C40	T. horizontal	Abierto	Acero	25	300	0	0	0	0	0.3	285	AC C40	0	0.25	AC C40	
PTAP	EC1	EC1-BV5	AC C40	T. Vertical	S. abierto	Acero	25	40	1.34	5.2	0	0	0.25	35	AC C40	1.3	0.25	AC C40	
PTAP	EI2	EI2-BH1	AC C40	T. horizontal	Cerrado	Acero	100	90	0	0	1.2	1.2	0.3	85	AC C40	10.5	0.3	AC C40	
PTAP	EI2	EI2-BH2	AC C40	T. horizontal	Cerrado	Acero	100	90	0	0	1.2	1.2	0.3	80	AC C40	10.5	0.3	AC C40	
PTAP	EI2	EI2-BH3	AC C40	T. horizontal	Cerrado	Acero	100	90	0	0	1.2	1.2	0.3	80	AC C40	10.5	0.3	AC C40	
PTAP	EI2	EI2-BH4	AC C40	T. horizontal	Cerrado	Acero	100	90	0	0	1.2	1.2	0.3	85	AC C40	10.5	0.3	AC C40	
PTAP	EI3	EI3-BS1	AC C40	T. Vertical	S. abierto	Acero	70	30	0	3	0.5	0.6	0.2	25	AC C40	8.3	0.2	AC C40	
PTAP	EI4	EI3-BS2	AC C40	T. Vertical	S. abierto	Acero	70	30	0	3	0.5	0.6	0.2	25	AC C40	8.3	0.2	AC C40	

Elaboración: Propia

## 2.5.5. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA HIPÓTESIS N° 01.

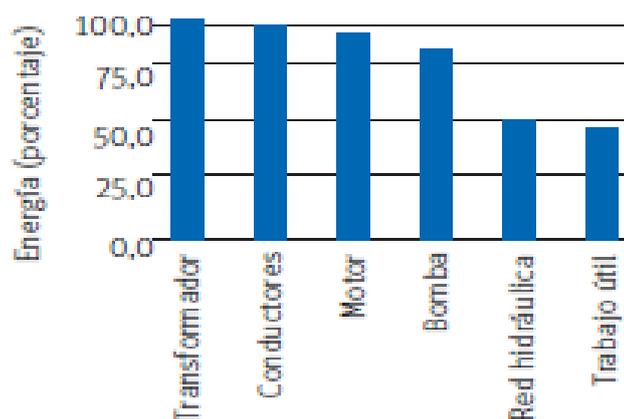
### 2.5.5.1. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA.

El siguiente paso es realizar la evaluación y el análisis de los datos obtenidos y de las mediciones realizadas. Esta evaluación tendrá por objetivo principal determinar las pérdidas energéticas y la eficiencia de los distintos componentes del sistema de bombeo mediante una evaluación de eficiencia energética, lo que dará como resultado el balance de energía.

#### 2.5.5.1.1. PÉRDIDAS DE ENERGÉTICAS EN SISTEMAS DE AGUA.

Dentro las instalaciones del sistema de agua potable, puede observarse la distribución típica de pérdidas de energía según se muestra en el Grafico N° 3.

**Grafico N° 35: Pérdidas energéticas típicas en los componentes electromecánicos de un sistema de agua**



Fuente: Evaluación de estaciones de bombeo – BID, 2011

Se observa que las mayores pérdidas de energía se presentan durante la transformación de energía mecánica en hidráulica (bomba a red hidráulica), que en

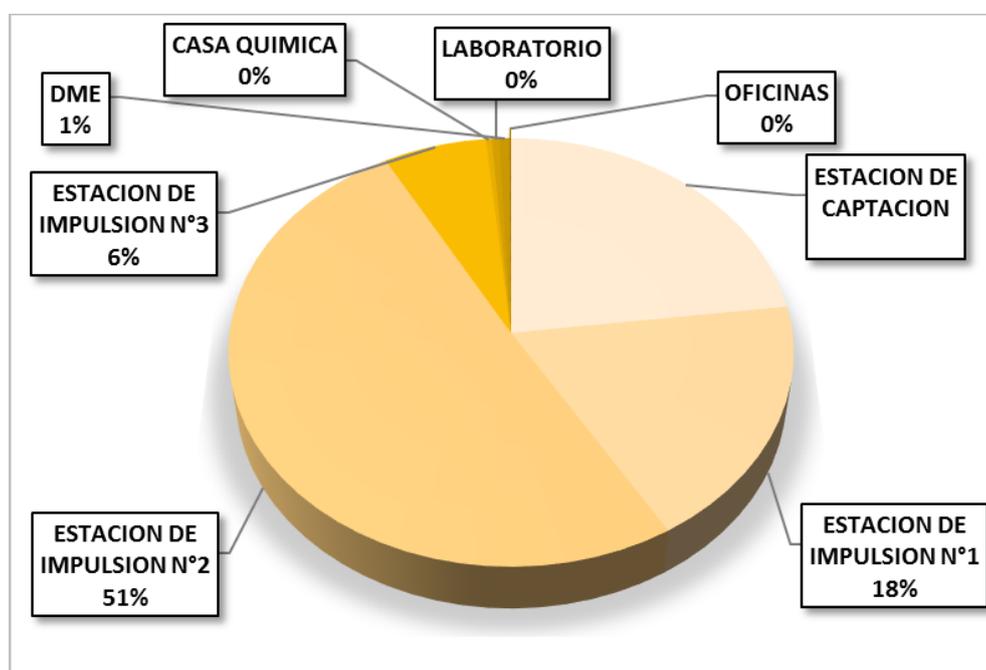
algunos casos alcanza valores de entre 40% y el 45%. Aunque, una vez recibida la energía en el motor eléctrico, no es extraño encontrar sistemas de bombeo con pérdidas de hasta 60%

En ese rango del 40% - 45% precisamente se encuentra las oportunidades que se exploran más adelante como producto de la optimización de la operación hidráulica y es allí donde también se presentan oportunidades de ahorro de energía importantes.

#### 2.5.5.1.2. BALANCE DE ENERGÍA DEL SISTEMA.

Con el balance de energía identificamos las instalaciones de mayor consumo de energía dentro de la PTAP así como se muestra en el Grafico N° 36.

*Grafico N° 36: Balance de energía del sistema*



Elaboración: Propia

### 2.5.5.1.3. ASPECTOS A EVALUAR EN UNA EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.

En la distribución de cargas descrita anteriormente. La Evaluación Energética (E. E.) en un sistema de agua potable debe incluir el análisis de los sistemas típicos donde se consume la energía que en orden de importancia son los siguientes,

- Suministro eléctrico, lo que incluye las características del contrato de suministro
- Sistema electromotriz, incluido el transformador.
- Conjunto motor-bomba, lo que incluye eficiencias, condiciones de operación y aspectos de mantenimiento.

Para fines de la E. E. se de enfatizar el análisis de los aspectos que mayormente inciden en el consumo energético.

### 2.5.5.1.4. CALCULO DE PERDIDAS EN TRANSFORMADORES.

En el Cuadro N°25. Se detallan las pérdidas en el entrehierro, cobre y temperatura de operación, de los transformadores de la PTAP

**Cuadro N° 25: Pérdidas en transformadores**

EVALUACION DE PERDIDAS EN TRANSFORMADORES											
$P_{tot} = P_{fe} + P_{cu} * \left( \frac{P_{rt}}{P_n * F_p} \right)^2$ <p> <i>DONDE:</i>  <math>P_{tot}</math> = Pérdidas Totales (Kw)      <math>p_n</math> = Potencia nominal del transformador (KVA)  <math>P_{fe}</math> = Pérdidas en el hierro a tension nominal (Kw)      <math>p_{rt}</math> = Potencia real con todas las cargas (Kw)  <math>P_{cu}</math> = Pérdidas en el cobre a tension nominal (Kw)      <math>F_p</math> = Factor de potencia <b>TOTAL (Kw) 8.62 0.80 9.43</b> </p>											
EQUIPO		DATOS DE EVALUACION			TABLAS		OPERACIÓN		TOTAL	PERDIDAS	PERDIDAS
CODIGO DE EQUIPOS	MARCA	POTENCIA NOMINAL (KVA)	POTENCIA REAL CON CARGA (Kw)	FACTOR DE POTENCIA	PERDIDAS EN EL HIERRO (Kw)	PERDIDAS EN EL COBRE (Kw)	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)	INCREMENTO DE PERDIDAS (%)	(Kw)	(Kw/año)	(\$/año)
CF1-TT1	BROWN BOVERI	800	562	0.903	1.69	10.8	29	4.80%	8.62	71384.39	9279.97
CF1-TT2	BROWN BOVERI	50	29	0.872	0.345	0.81	26	2.90%	0.72	5992.63	779.04
<b>TOTAL</b>									<b>9.35</b>	<b>77377.02</b>	<b>10059.01</b>

Elaboración: Propia

**2.5.5.1.5. CALCULO DE PERDIDAS EN CONDUCTORES ELÉCTRICOS.**

El conjunto integrado por conductores, transformadores de control, protecciones, arrancadores, controladores y demás elementos que suministran energía a los equipos que transforman energía eléctrica en energía mecánica (motores), se les conoce con el nombre de sistemas electromotrices.

**Cuadro N° 26: Calculo de pérdidas en conductores eléctricos**

EVALUACION DE PERDIDAS EN CONDUCTORES													
		$P_1 = R_{CO} * I^2$		$P_1 = \text{Perdidas por efecto Joule (W)}$				$P_3 = \text{Perdidas por efecto joile trifasico (W)}$					
		$P_3 = \sqrt{3} * R_{CO} * I^2$		$R_{CO} = \text{resistencia dek conductor } (\Omega)$				$I = \text{Corriente que circula por el conductor (Amp)}$					
AREA	TRAMO		DATOS DE EVALUACION				TABLAS		CAIDA DE TENSION		PERDIDAS (kw)	PERDIAS (Kw/año)	PERDIAS (S./año)
	DE	HASTA	DISTANCIA (Km)	TENSION (Volt)	CORRIENTE (Amp)	COND/FASE	CALIBRE (mm²)	RESITENCIA (Ω/km)	(ΔV)	%			
PTAP	CF1	TT3	0.01	440	704.6	3	300	0.1157	1.69	0%	0.995	8237.77	1070.91
PTAP	CF1	EC1	0.1	440	174.24	2	3/0	0.207	5.09	0.92%	1.088	9012.74	1171.66
PTAP	CF1	EI1	0.04	440	177.06	2	3/0	0.207	5.09	0.92%	0.450	3722.74	483.96
PTAP	CF1	EI2	0.06	440	272.8	2	3/0	0.207	5.09	0.92%	1.601	13255.66	1723.24
PTAP	CF1	EI3	0.08	440	65.51	1	3/0	0.207	5.09	0.92%	0.123	1019.22	132.50
PTAP	EI1	FP1	0.05	440	63.1	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.113	939.32	122.11
EC1	TC1	ME1	0.007	440	40.66	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.007	54.60	7.10
	TC2	ME2	0.008	440	38.75	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.007	56.68	7.37
	TC3	ME3	0.009	440	91.88	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.043	358.49	46.60
	TC4	ME4	0.01	220	41.7	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.010	82.05	10.67
EI1	TC4	ME4	0.012	440	82.26	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.037	303.94	39.51
	TC5	ME5	0.014	440	177.06	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.198	1642.86	213.57
EI2	TC1	ME1	0.01	440	132.9	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.080	661.12	85.95
	TC2	ME2	0.01	440	131	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.078	642.35	83.51
	TC3	ME3	0.01	440	118.56	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.064	526.15	68.40
	TC4	ME4	0.01	440	133.4	1	2/0	0.261	5.09	1.16%	0.080	666.11	86.59
EI3	TC1	ME1	0.009	440	65.51	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.022	182.24	23.69
	TC1	ME2	0.009	440	60.63	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.019	156.10	20.29
FP1	TC1	ME1	0.007	440	30.2	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.004	30.12	3.92
	TC2	ME1	0.007	440	32.9	1	1/0	0.329	6.42	1.46%	0.004	35.75	4.65
<b>TOTAL</b>											<b>5.022</b>	<b>41586.01</b>	<b>5406.18</b>

Elaboración: Propia

**2.5.5.1.6. CALCULO DE PÉRDIDAS Y EFICIENCIA EN MOTORES.**

Del universo de motores eléctricos, el más popular de todos es sin duda el motor de inducción, debido a su gran versatilidad y bajo costo, es por lo tanto el de mayor aplicación tanto a nivel industrial como doméstico, y por supuesto en los sistemas de bombeo centrifugo se le utiliza casi universalmente para el bombeo de agua municipal.

2.5.5.1.7. CALCULO DE PÉRDIDAS Y EFICIENCIA EN BOMBAS, CARGA EN TUBERÍAS.

Cuadro N° 27: Calculo de eficiencia de bombas, carga en tuberías

CALCULO DE EFICIENCIA DE LA BOMBA																													
$A = \pi * \frac{\phi^2}{4}$		$V = \frac{Q}{A}$		$h_v = \frac{V^2}{2 * g}$		$H_t = (P_d * 10.3) + N_s + D_{r-m} + h_v + h_{fs}$		$H_t = (P_d - P_s) * 10.3$		$P_h = H_t * Q * Y * \frac{g}{1000}$		$\eta_{EM} = \frac{P_h}{P_e}$		$\eta_B = \frac{\eta_{EM}}{\eta_M}$															
<b>A</b>	: Area de la tubería	<b>Dr-m</b>	: Nivel de ref. de manómetros	<b>Ph</b>	: Potencia manométrica	<b>ηM</b>	: Eficiencia del motor	<b>φ</b>	: Diametro de tubería	<b>Pd</b>	: Presion de descarga	<b>ηEM</b>	: Eficiencia electromecanica	<b>V</b>	: Velocidad del fluido	<b>g</b>	: Aceleracion de la gravedad	<b>HV</b>	: Carga de velocidad	<b>ηB</b>	: Eficiencia de la bomba	<b>Q</b>	: Caudal	<b>Ns</b>	: Nivel de succion	<b>Pe</b>	: Potencia electrica	<b>Y</b>	: Peso especifico del agua
CODIGO DE EQUIPO	PRESION DE DESCARGA (Pd)	NIVEL DE SUCCION (Ns)	NIVEL DE REFERENCIA DE MANOMETROS (Dr-m)	CAUDAL (Q)	DIAMETRO DE TUBERIA (φ)	AREA DE LA TUBERIA (A)	POTENCIA ELECTRICA (Pe)	ACELERACION DE LA GRAVEDAD (g)	PESO ESPECIFICO DEL AGUA (γ)	PER. POR FRICCION EN TUB. DE SUC. (hf <sub>s</sub> )	EFICIENCIA A DEL MOTOR (ηM)	VELOCIDAD DEL FLUIDO (V)	CARGA DE VELOCIDAD (Hv)	CARGA TOTAL DE BOMBEO (Ht)	POTENCIA MANOMETRICA (Ph)	EFICIENCIA ELECTROMECANICA (ηEM)	EFICIENCIA DE LA BOMBA (ηB)												
UNIDADES	(Kg/m)	(m)	(m)	(lps)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(Kw)	(m/s <sup>2</sup> )	(kg/m <sup>3</sup> )	(mca)	(-)	(m/s)	(Hv)	(mca)	(Kw)	(-)	(-)												
EC1-BH1	0.95	1.34	0.79	50	0.254	0.05067	75	9.81	1	1	0.91	0.9868	19.1039	32.0105	15.70116	0.20935	0.230054												
EC1-BH2	1.3	1.34	0.79	50	0.254	0.05067	75	9.81	1	2	0.82	0.9868	19.1039	36.6239	17.96403	0.23952	0.292098												
EC1-BH3	1.3	1.34	0.62	95	0.3048	0.07297	75	9.81	1	1	0.85	1.302	33.2586	49.6086	46.23278	0.61644	0.72522												
EC1-BH4	0	0	0	120	0.3048	0.07297	125	9.81	1	2	0.75	1.6446	53.0664	55.0664	64.8242	0.51859	0.691458												
EC1-BV5	1.3	1.34	0	35	0.254	0.05067	35	9.81	1	1.5	0.7	0.6907	9.36092	25.5909	8.786642	0.25105	0.358638												
EI2-BH1	10.5	0	1.2	70	0.3048	0.07297	125	9.81	1	1.8	0.91	0.9594	18.0573	129.207	88.72667	0.70981	0.780015												
EI2-BH2	10.5	0	1.2	75	0.3048	0.07297	150	9.81	1	1.8	0.91	1.0279	20.7291	131.879	97.03003	0.64687	0.710843												
EI2-BH3	10.5	0	1.2	75	0.3048	0.07297	125	9.81	1	1.8	0.91	1.0279	20.7291	131.879	97.03003	0.77624	0.853011												
EI2-BH4	10.5	0	1.2	70	0.3048	0.07297	150	9.81	1	1.8	0.91	0.9594	18.0573	129.207	88.72667	0.59151	0.650012												
EI3-BS1	8.3	0	0.6	25	0.2032	0.03243	45	9.81	1	2.2	0.915	0.7709	11.6601	99.9501	24.51276	0.54473	0.595331												
EI3-BS2	8.3	0	0.6	25	0.2032	0.03243	45	9.81	1	2.2	0.915	0.7709	11.6601	99.9501	24.51276	0.54473	0.595331												
EI1-BV4	7.2	4	1.5	55	0.3048	0.07297	90	9.81	1	2.2	0.9	0.7538	11.1476	93.0076	50.18227	0.55758	0.619534												
EI1-BV5	7.1	4	1.5	32	0.2032	0.03243	85	9.81	1	2.2	0.9	0.9868	19.1039	99.9339	31.37125	0.36907	0.410082												

Elaboración: Propia

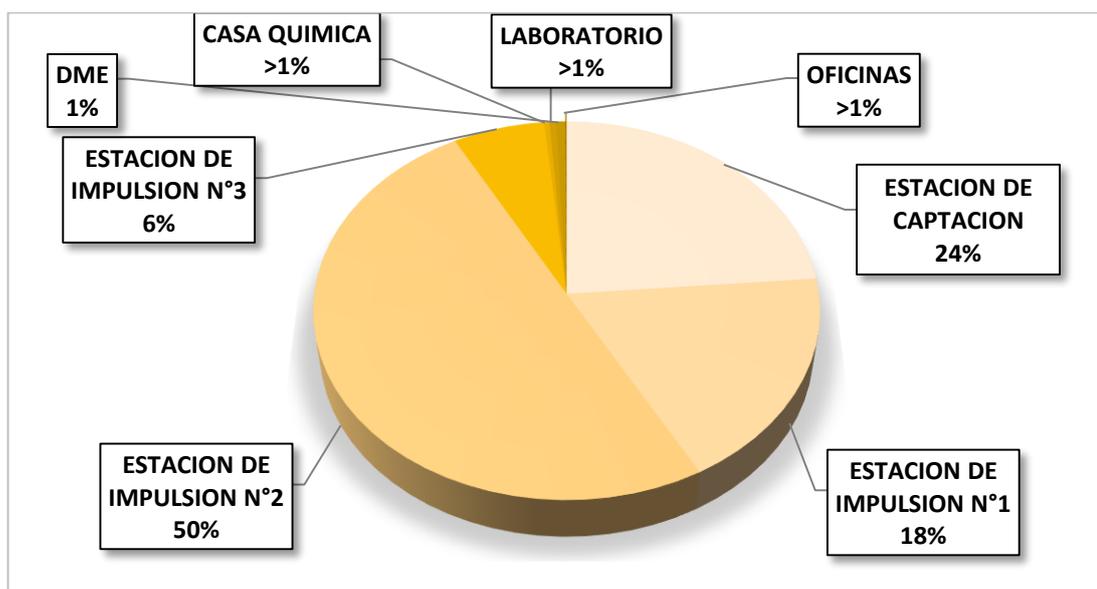
## 2.5.5.1.8. ELABORACIÓN DE BALANCE DE ENERGÍA.

Cuadro N° 28: Potencia instalada operativa

POTENCIA INSTALADA OPERATIVA					
UBICACIÓN	ÁREA	CÓDIGO DE EQUIPOS	HP	kW	TOTAL DE CARGA
PTAP	ESTACIÓN DE CAPTACIÓN	EC1-ME1	75	55.93	139.82
PTAP		EC1-ME2	75	55.93	
PTAP		EC1-ME3	75	55.93	
PTAP		EC1-ME4	25	18.64	
	PERDIDAS EC1				46.61
PTAP	ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N°1	EI1-ME1	75	55.93	126.77
PTAP		EI1-ME2	125	93.21	
	PERDIDASEI1				22.37
PTAP	ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N°2	EI2-ME1	125	93.21	336.31
PTAP		EI2-ME2	150	111.86	
PTAP		EI2-ME3	125	93.21	
PTAP		EI2-ME4	150	111.86	
	PERDIDAS EI2				73.82
PTAP	ESTACIÓN DE IMPULSIÓN N°3	EI3-ME1	35	26.10	44.37
PTAP		EI3-ME2	35	26.10	
	PERDIDAS EI3				7.83
PTAP	CASA QUÍMICA	bomba 1	2	1.49	2.98
PTAP		bomba 2	2	1.49	
PTAP	LABORATORIO	equipos	5	3.73	3.73
PTAP	DME	COMPRESORA	2	1.49	5.22
PTAP		MAQ. SOLDAR	3	2.24	
PTAP		OTROS	2	1.49	
PTAP	OFICINAS		1	0.75	0.75

Elaboración: Propia

Grafico N° 37: Balance de energía con pérdidas

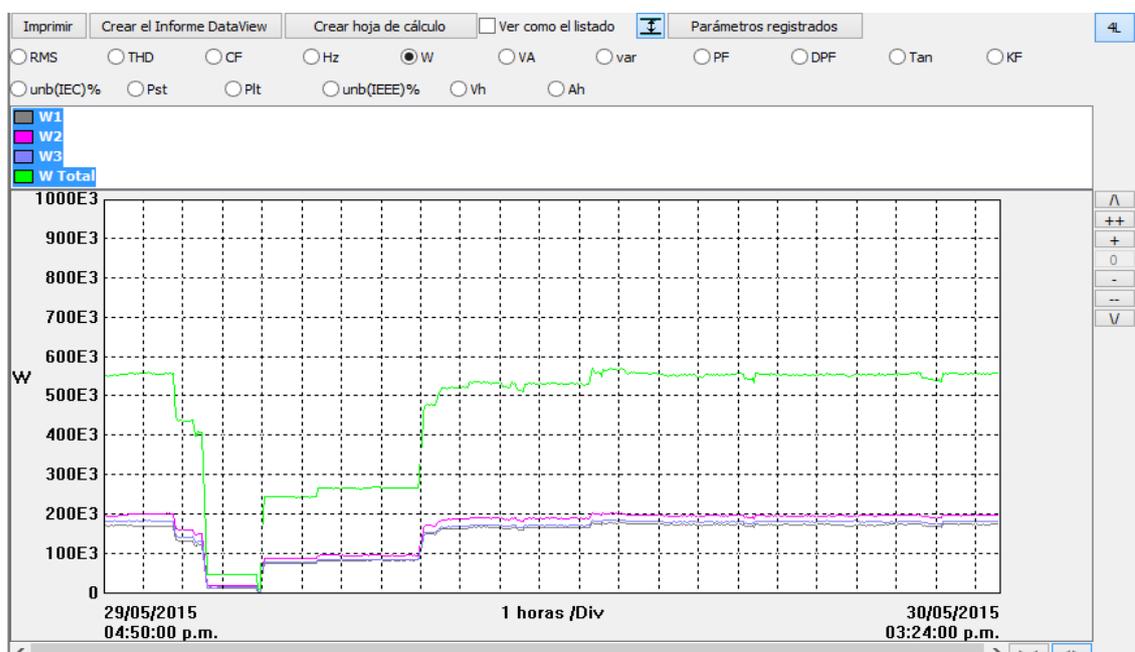


Elaboración: Propia

2.5.5.1.9. ANALISIS DE LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.

Operación de la planta de tratamiento de agua potable en KWh

Figura N° 7: Condiciones de operación



Elaboración: Propia software AEMC

En grafico se ve que la operación de la planta tiene una para en hora punta y de ahí el abastecimiento es progresivamente llenado los reservorios por la madrugada

Se puede apreciar que hay presencia de operación en horas punta el cual tiene reflejo en la facturación eléctrica de 15,009.10 Kw/h que presenta el 13.13 % de la facturación actual

## 2.5.5.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA.

### 2.5.5.2.1. MEDIDAS RELACIONADAS CON LA TARIFA DE ENERGÍA.

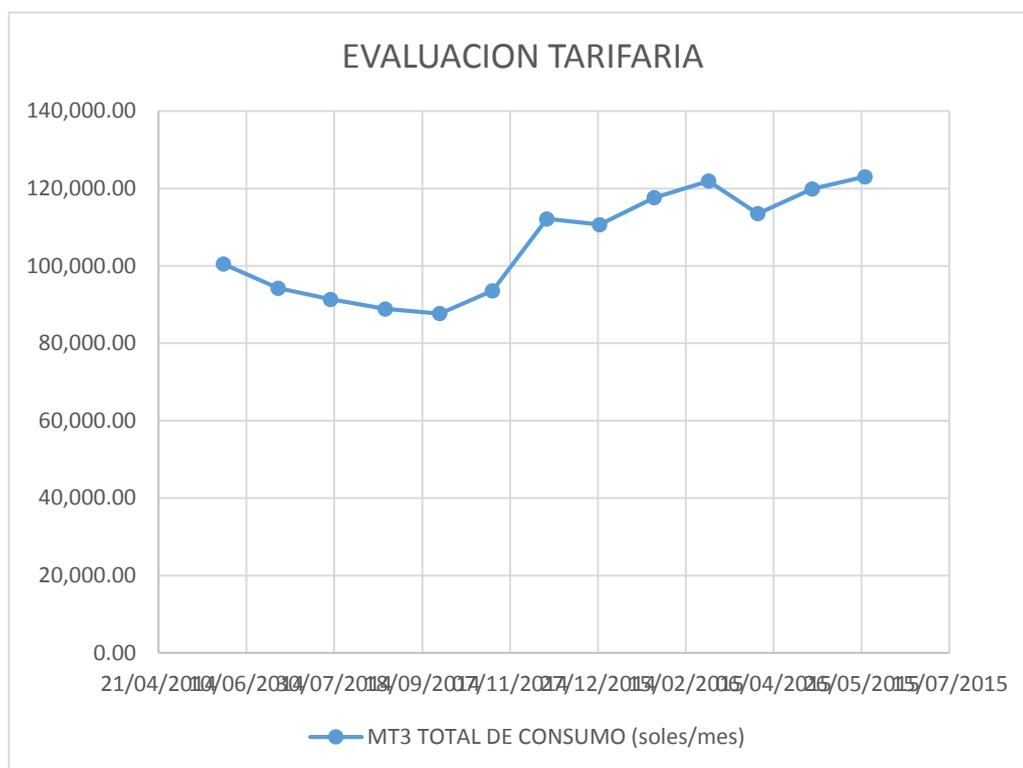
Las tarifas existentes en el Perú son las Tarifas MT4, MT3 y MT2, estas son para clientes en media tensión o clientes principales, como también los usuarios libres, ver análisis de data.

**Cuadro N° 29: Evaluación tarifaria**

FECHA	MEDICIÓN ACTUAL				MT3	MT4	MT2	USUARIOS LIBRE
FECHA DE LECTURA	ENERGÍA (Kw/H)	ENERGÍA HORA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA HORA FUERA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA REACTIVA (Kvar/H)	TOTAL DE CONSUMO (soles/mes)	TOTAL DE CONSUMO (soles/mes)	TOTAL DE CONSUMO (soles/mes)	
28/05/2015	219,309.40	15,009.10	204,300.30	101,517.60	123,053.25	131,900.25	135,639.25	88,483.79
28/04/2015	217,664.80	14,814.30	202,850.50	100,765.80	119,929.55	128,776.55	132,515.55	88,150.53
28/03/2015	215,983.40	14,613.00	201,370.40	99,997.40	113,510.70	122,357.70	126,096.70	81,801.89
28/02/2015	214,433.90	14,416.40	200,017.50	99,276.40	121,935.75	130,782.75	134,521.75	90,423.34
28/01/2015	212,693.90	14,222.10	198,471.80	98,449.50	117,634.55	126,481.55	130,220.55	86,997.18
28/12/2014	210,984.30	14,013.30	196,971.00	97,630.00	110,686.65	119,533.65	123,272.65	80,930.31
28/11/2014	209,344.30	13,806.60	195,537.70	96,854.50	112,178.60	121,025.60	124,764.60	82,281.29
28/10/2014	207,669.90	13,612.30	194,057.60	96,054.00	93,596.20	102,443.20	106,182.20	73,078.37
28/09/2014	206,156.00	13,475.00	192,681.00	95,350.20	87,684.10	96,531.10	100,270.10	67,490.76
28/08/2014	204,499.00	13,305.00	191,194.70	94,568.40	88,876.20	97,723.20	101,462.20	68,214.19
28/07/2014	202,847.20	13,128.90	189,718.30	93,798.30	91,383.55	100,230.55	103,969.55	69,943.62
28/06/2014	201,233.70	12,977.20	188,256.50	93,063.00	94,238.80	103,085.80	106,824.80	72,774.83
28/05/2014	199,554.90	12,802.80	186,752.10	92,300.20	100,470.80	109,317.80	113,056.80	69,055.43
28/04/2014	197,972.80	12,605.90	185,366.90	91,583.40	100,705.10	109,552.10	113,291.10	67,913.54
28/03/2014	196,322.40	12,397.80	183,924.60	90,819.20	79,341.70	88,188.70	91,927.70	47,022.10
28/02/2014	194,851.50	12,196.50	182,655.00	90,118.50	104,245.95	113,092.95	116,831.95	71,757.12
28/01/2014	193,266.20	11,947.20	181,319.00	89,369.30	85,155.85	94,002.85	97,741.85	64,584.53

Elaboración: Propia

**Grafico N° 38: Evaluación tarifaria**



**Elaboración: Propia**

**2.5.5.2.2. MEDIDAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA EN MOTORES Y BOMBA HIDRÁULICA.**

La posición más tentativa es el reemplazo de los motores de inducción de la marca WEG, por los motores de alta eficiencia de la misma marca o ABB, con la norma de fabricación NEMA-5 Premium o IEC-5, premium.

Como también el cambio de tecnología de las bombas hidráulicas por la marca FLYGT XYLEM, de fabricación española, de muy alta eficiencia

Cuadro N° 30: Calculo de eficiencia motor y bomba de alta eficiencia

EFICIENCIA		EFICIENCIA		EFICIENCIA													
$A = \pi * \frac{\phi^2}{4}$	$V = \frac{Q}{A}$	$h_v = \frac{V^2}{2 * g}$	$H_t = (P_d - P_s) * 10.3$	$P_h = H_t * Q * \gamma * \frac{g}{1000}$	$\eta_{EM} = \frac{P_h}{P_e}$												
$H_t = (P_d * 10.3) + N_s + D_{r-m} + h_v + h_{fs}$					$\eta_B = \frac{\eta_{EM}}{\eta_M}$												
<b>A</b> : Area de la tubería	<b>Dr-m</b> : Nivel de ref. de manómetros	<b>Ph</b> : Potencia manométrica	<b>ηM</b> : Eficiencia del motor														
<b>φ</b> : Diametro de tubería	<b>Pd</b> : Presion de descarga	<b>Pfs</b> : Per. Por friccion en tubería	<b>ηEM</b> : Eficiencia electromecanica														
<b>V</b> : Velocidad del fluido	<b>g</b> : Aceleracion de la gravedad	<b>Hv</b> : Carga de velocidad	<b>ηB</b> : Eficiencia de la bomba														
<b>Q</b> : Caudal	<b>Ns</b> : Nivel de succion	<b>Ht</b> : Carga total de bombe	<b>Pe</b> : Potencia electrica														
	<b>γ</b> : Peso especifico del agua																
CODIGO DE EQUIPO	PRESION DE DESCARGA (Pd)	NIVEL DE SUCCION (Ns)	NIVEL DE REFERENCIA DE MANOMETROS (Dr-m)	CAUDAL (Q)	DIAMETRO DE TUBERIA (φ)	AREA DE LA TUBERIA (A)	POTENCIA ELECTRICA (Pe)	ACELERACION DE LA GRAVEDAD (g)	PESO ESPECIFICO DEL AGUA (γ)	PER. POR FRICCION EN TUB. DE SUC. (hfs)	EFICIENCIA DEL MOTOR (ηM)	VELOCIDAD DEL FLUIDO (V)	CARGA DE VELOCIDAD (Hv)	CARGA TOTAL DE BOMBEO (Ht)	POTENCIA MANOMETRICA (Ph)	EFICIENCIA ELECTROMECANICA (ηEM)	EFICIENCIA DE LA BOMBA (ηB)
UNIDADES	(Kg/m)	(m)	(m)	(lps)	(m)	(m²)	(Kw)	(m/s²)	(Kg/m³)	(mca)	(-)	(m/s)	(mca)	(mca)	(Kw)	(-)	(-)
EC1-BH1	0.95	1.34	0.79	85	0.254	0.05067	75	9.81	1	1	0.96	1.6775	55.2103	68.1169	56.79929	0.75732	0.788879
EC1-BH2	1.3	1.34	0.79	85	0.254	0.05067	75	9.81	1	2	0.96	1.6775	55.2103	72.7303	60.64617	0.80862	0.842308
EC1-BH3	1.3	1.34	0.62	85	0.3048	0.07297	75	9.81	1	1	0.96	1.1649	26.6253	42.9753	35.83499	0.4778	0.497708
EC1-BH4	0	0	0	125	0.3048	0.07297	125	9.81	1	2	0.96	1.7131	57.5808	59.5808	73.06091	0.58449	0.608841
EC1-BV5	1.3	1.34	0	55	0.254	0.05067	35	9.81	1	1.5	0.96	1.0854	23.1157	39.3457	21.22899	0.60654	0.631815
EI2-BH1	10.5	0	1.2	80	0.3048	0.07297	125	9.81	1	1.8	0.96	1.0964	23.5851	134.735	105.7401	0.84592	0.881167
EI2-BH2	10.5	0	1.2	80	0.3048	0.07297	150	9.81	1	1.8	0.96	1.0964	23.5851	134.735	105.7401	0.70493	0.734306
EI2-BH3	10.5	0	1.2	80	0.3048	0.07297	125	9.81	1	1.8	0.96	1.0964	23.5851	134.735	105.7401	0.84592	0.881167
EI2-BH4	10.5	0	1.2	80	0.3048	0.07297	150	9.81	1	1.8	0.96	1.0964	23.5851	134.735	105.7401	0.70493	0.734306
EI3-BS1	8.3	0	0.6	35	0.2032	0.03243	45	9.81	1	2.2	0.96	1.0793	22.8538	111.144	38.16122	0.84803	0.883362
EI3-BS2	8.3	0	0.6	35	0.2032	0.03243	45	9.81	1	2.2	0.96	1.0793	22.8538	111.144	38.16122	0.84803	0.883362
EI1-BV4	7.2	4	1.5	65	0.3048	0.07297	90	9.81	1	2.2	0.96	0.8908	15.5698	97.4298	62.12614	0.69029	0.719052
EI1-BV5	7.1	4	1.5	47	0.2032	0.03243	85	9.81	1	2.2	0.96	1.4493	41.2115	122.041	56.26966	0.662	0.689579

Elaboración: propia

**2.5.5.2.3. REDUCCIÓN DE FUGAS.**

- Para reducir las fugas cercano a cero, es con la remodelación de las instalaciones hidráulicas que estas ya cumplieron su vida útil, siendo la planta de tratamiento de agua potable construida en los años 60 y 70,
- El material para sistema hidráulico de tuberías de distribución en la planta de tratamiento debe de ser de acero naval con baja rugosidad

**2.5.5.2.4. MEJORAR LA OPERACIÓN.**

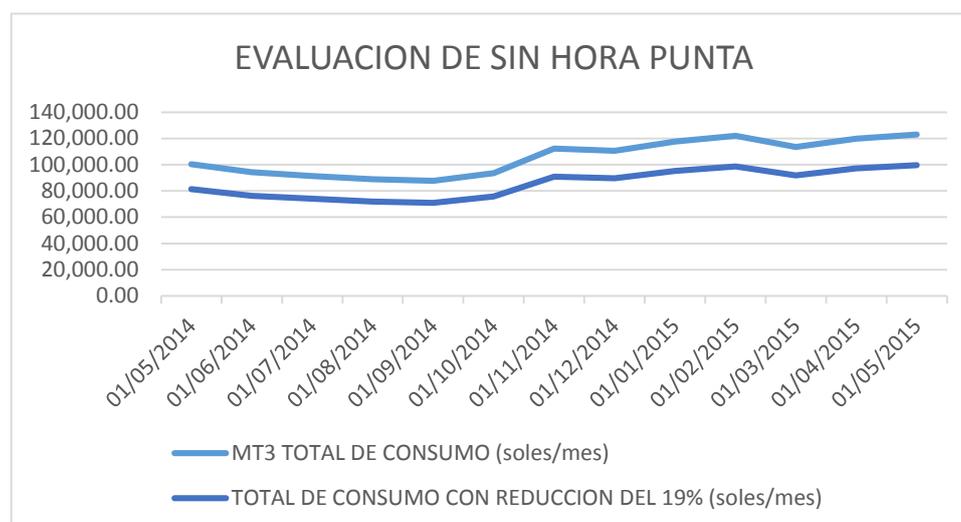
Hacer un paro en la producción de desde las 6.00 p.m. hasta las 11.00 pm, en el cual se encuentra la penalidad por entrar en operación en horas punta

*Cuadro N° 31: Mejora de la operación*

FECHA	MEDICIÓN ACTUAL				MT3	TOTAL DE CONSUMO SIN HORA PUNTA (soles/mes)
FECHA DE LECTURA	ENERGÍA (Kw/H)	ENERGÍA HORA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA HORA FUERA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA REACTIVA (Kvar/H)	TOTAL DE CONSUMO (soles/mes)	
28/05/2015	219,309.40	15,009.10	204,300.30	101,517.60	123,053.25	114,283.74
28/04/2015	217,664.80	14,814.30	202,850.50	100,765.80	119,929.55	111,044.87
28/03/2015	215,983.40	14,613.00	201,370.40	99,997.40	113,510.70	104,833.46
28/02/2015	214,433.90	14,416.40	200,017.50	99,276.40	121,935.75	113,403.84
28/01/2015	212,693.90	14,222.10	198,471.80	98,449.50	117,634.55	108,718.48
28/12/2014	210,984.30	14,013.30	196,971.00	97,630.00	110,686.65	102,178.05
28/11/2014	209,344.30	13,806.60	195,537.70	96,854.50	112,178.60	104,160.52
28/10/2014	207,669.90	13,612.30	194,057.60	96,054.00	93,596.20	87,919.05
28/09/2014	206,156.00	13,475.00	192,681.00	95,350.20	87,684.10	80,825.62
28/08/2014	204,499.00	13,305.00	191,194.70	94,568.40	88,876.20	81,710.25
28/07/2014	202,847.20	13,128.90	189,718.30	93,798.30	91,383.55	85,033.24
28/06/2014	201,233.70	12,977.20	188,256.50	93,063.00	94,238.80	86,938.24
28/05/2014	199,554.90	12,802.80	186,752.10	92,300.20	100,470.80	92,321.21
28/04/2014	197,972.80	12,605.90	185,366.90	91,583.40	100,705.10	93,196.85
28/03/2014	196,322.40	12,397.80	183,924.60	90,819.20	79,341.70	72,322.27
28/02/2014	194,851.50	12,196.50	182,655.00	90,118.50	104,245.95	95,588.51
28/01/2014	193,266.20	11,947.20	181,319.00	89,369.30	85,155.85	78,963.32

Elaboración: propia

**Grafico N° 39: Evaluación sin hora punta**



**Elaboración: Propia**

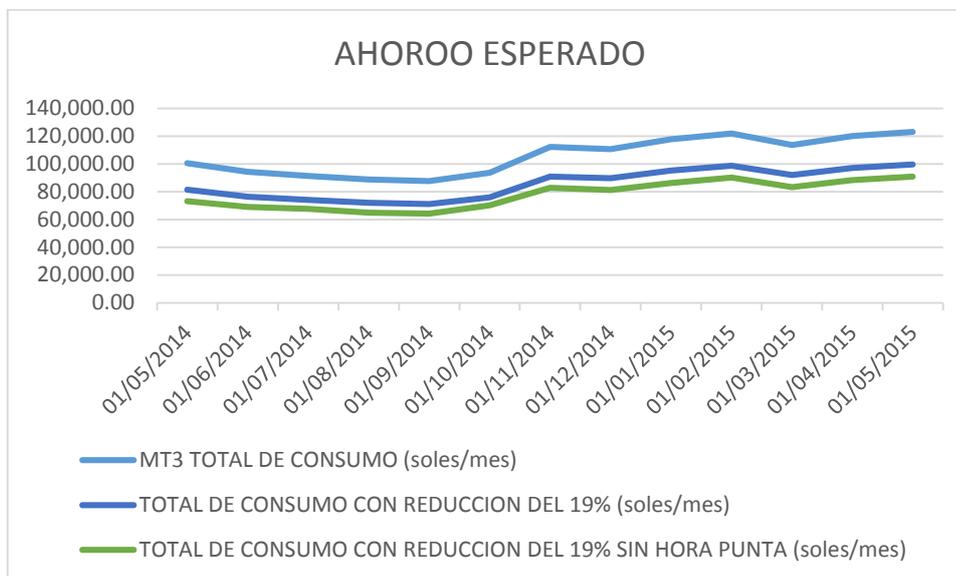
**2.5.5.3.EVALUACIÓN DE LAS MEDIDAS DE AHORRO.**

**Cuadro N° 32: Evaluación de las medidas de ahorro**

FECHA	MEDICIÓN ACTUAL				MT3	TOTAL DE CONSUMO CON REDUCCIÓN DEL 19%	TOTAL DE CONSUMO CON REDUCCIÓN DEL 19% SIN HORA PUNTA
FECHA DE LECTURA	ENERGÍA (Kw/H)	ENERGÍA HORA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA HORA FUERA PUNTA (Kw/H)	ENERGÍA REACTIVA (Kvar/H)	TOTAL DE CONSUMO (soles/mes)	TOTAL DE CONSUMO CON REDUCCIÓN DEL 19% (soles/mes)	TOTAL DE CONSUMO CON REDUCCIÓN DEL 19% SIN HORA PUNTA (soles/mes)
28/05/2015	219,309.40	15,009.10	204,300.30	101,517.60	123,053.25	99,673.13	90903.6225
28/04/2015	217,664.80	14,814.30	202,850.50	100,765.80	119,929.55	97,142.94	88258.2555
28/03/2015	215,983.40	14,613.00	201,370.40	99,997.40	113,510.70	91,943.67	83266.427
28/02/2015	214,433.90	14,416.40	200,017.50	99,276.40	121,935.75	98,767.96	90236.0475
28/01/2015	212,693.90	14,222.10	198,471.80	98,449.50	117,634.55	95,283.99	86367.9155
28/12/2014	210,984.30	14,013.30	196,971.00	97,630.00	110,686.65	89,656.19	81147.5865
28/11/2014	209,344.30	13,806.60	195,537.70	96,854.50	112,178.60	90,864.67	82846.586
28/10/2014	207,669.90	13,612.30	194,057.60	96,054.00	93,596.20	75,812.92	70135.772
28/09/2014	206,156.00	13,475.00	192,681.00	95,350.20	87,684.10	71,024.12	64165.641
28/08/2014	204,499.00	13,305.00	191,194.70	94,568.40	88,876.20	71,989.72	64823.772
28/07/2014	202,847.20	13,128.90	189,718.30	93,798.30	91,383.55	74,020.68	67670.3655
28/06/2014	201,233.70	12,977.20	188,256.50	93,063.00	94,238.80	76,333.43	69032.868
28/05/2014	199,554.90	12,802.80	186,752.10	92,300.20	100,470.80	81,381.35	73231.758
					<b>1,375,178.70</b>	<b>1,113,894.75</b>	<b>1,012,086.62</b>

**Elaboración: propia**

Grafico N° 40: Ahorro esperado



Elaboración: Propia

Cuadro N° 33: Evaluación de ahorro esperado

evaluación	monto	Porcentaje
ahorro con equipos de alta eficiencia	156,203.02	11.4%
ahorro con equipos de alta eficiencia y eficiencia operacional	180,109.20	13.13%

Elaboración: propia

### 2.5.5.3.1. EVALUACIÓN DE LOS AHORROS (BALANCE DE ENERGÍA ESPERADO).

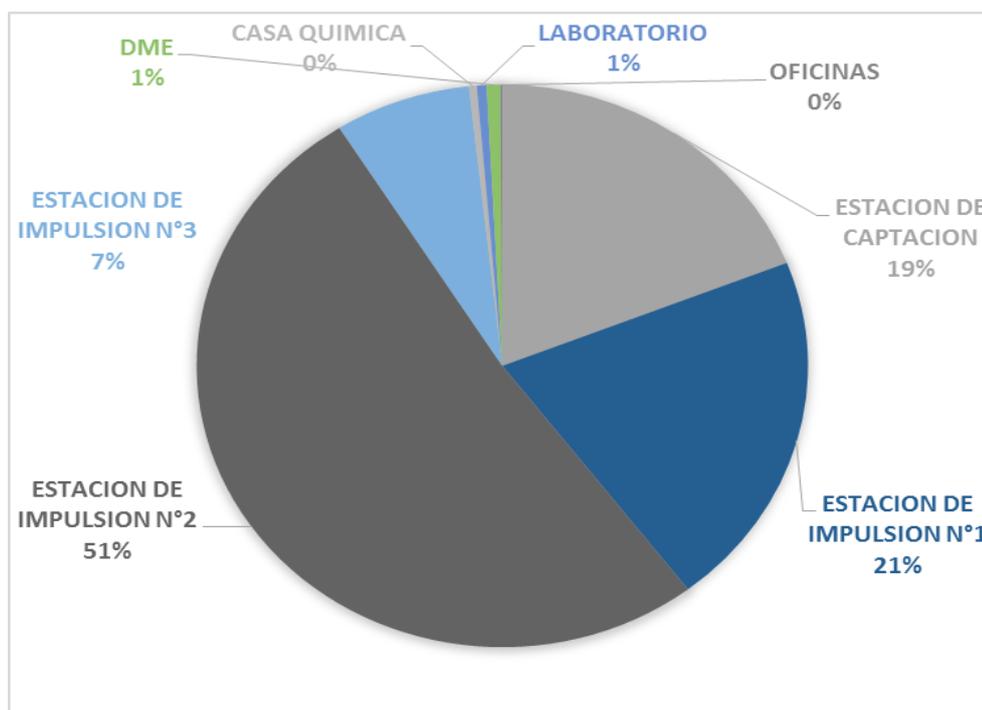
Haciendo la mejora en la en las estaciones de captación e impulsión se tendrá un ahorro del 19 %

**Cuadro N° 34: Evaluación de los ahorros (balance de energía esperado)**

POTENCIA INSTALADA ESTIMADA					
UBICACIÓN	AREA	CODIGO DE EQUIPOS	HP	kw	TOTAL DE CARGA
PTAP	ESTACION DE CAPTACION	EC1-ME1	75	55.93	137.95
PTAP		EC1-ME2	75	55.93	
PTAP		EC1-ME3	75	55.93	
PTAP		EC1-ME4	35	26.10	
PTAP	ESTACION DE IMPULSION N°1	EI1-ME1	75	55.93	149.14
PTAP		EI1-ME2	125	93.21	
PTAP	ESTACION DE IMPULSION N°2	EI2-ME1	125	93.21	372.85
PTAP		EI2-ME2	125	93.21	
PTAP		EI2-ME3	125	93.21	
PTAP		EI2-ME4	125	93.21	
PTAP	ESTACION DE IMPULSION N°3	EI3-ME1	35	26.10	52.20
PTAP		EI3-ME2	35	26.10	
PTAP	CASA QUIMICA	bomba 1	2	1.49	2.98
PTAP		bomba 2	2	1.49	
PTAP	LABORATORIO	equipos	5	3.73	3.73
PTAP	DME	COMPRESORA	2	1.49	5.22
PTAP		MAQ. SOLDAR	3	2.24	
PTAP		OTROS	2	1.49	
PTAP	OFICINAS		1	0.75	0.75

Elaboración: propia

**Grafico N° 41: Balance de energía esperado**



Elaboración: propia

### 2.5.5.3.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL AHORRO Y TASA DE RETORNO.

Cuadro N° 35: Evaluación económica del ahorro y tasa de retorno

COSTO A 1 AÑO				
monto con equipos de baja eficiencia	monto con equipos de alta eficiencia	monto con equipos de alta eficiencia sin hora punta		
1,371,404.88	1,113,894.75	1,012,086.62		
evaluación			monto	Porcentaje
ahorro con equipos de alta eficiencia			261,283.95	11.4%
ahorro con equipos de alta eficiencia y eficiencia operacional			336,312.22	24.53%
evaluación de inversión		reducción de costo al	años	
inversión en mejoras en la planta de tratamiento	S/.1,975,690.65	11.4%	12.6	
		24.53%	5.9	

Elaboración: propia.

### 2.5.6. DATOS PARA LA HIPÓTESIS N°02.

#### 2.5.6.1.DATOS TÉCNICOS.

las estrategias y políticas de mantenimiento serán las adecuadas en la división de mantenimiento para aumentar la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A

La Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), cuenta con 01 estación de Captación con 03 Bombas Horizontales y 01 Bomba Vertical, además de 03 Estaciones de Impulsión, La estación de Impulsión N°01, Cuenta con 02 electrobombas verticales, La Estación de Impulsión N°02 con 04 electrobombas horizontales y la estación de impulsión N°03, con 02 electrobombas sumergibles

Cuadro N° 36: Datos técnicos

DATOS TÉCNICOS	
SISTEMA:	Estación de Impulsión N°02
SUB SISTEMA:	Bombeo
EQUIPO:	Electrobomba
COMPONENTE:	Bomba
REPUESTO:	RODAJE
HORAS PLANIFICADAS PARA OPERAR / AÑO.	
DÍAS AL AÑO	361
HORAS POR DÍA	23
TOTAL HORAS DE TRABAJO.	8303

Elaboración: propia

### 2.5.6.2.HISTORIAL DE FALLAS EN LA PTAP.

Cuadro N° 37: Historial de fallas

N	TO (días)	TO (horas)
1	3	72
2	12	288
3	20	480
4	21	504
5	26	624
6	27	648
7	37	888
8	43	1032

Elaboración: propia

### 2.5.6.3.COSTO DE EQUIPOS

Cuadro N° 38: Precio aproximado de equipo

PRECIO APROXIMADO DEL EQUIPO:	
BOMBA HORIZONTAL	S/. 20,009.50

Elaboración: propia

### 2.5.6.4.COSTO DE OPERACIÓN

Cuadro N° 39: Costo de operación

TURNOS DE OPERACIÓN DE EQUIPO.	
	HORA DE INICIO
TURNO A	05:00 a.m.
TURNO B	01:00 p.m.
TURNO C	09:00 p.m.

Continúa...

<b>COSTO DE ENERGÍA DE LA MAQUINA POR HORA:</b>	
Potencia HP	125
Potencia KW	94.25
Costo del KWh	S/. 0.1631
Costo de operación	S/. 15.37

Elaboración: propia

**2.5.6.5.COSTO DE PRODUCCIÓN**

Cuadro N° 40: Costo de producción

<b>PRODUCCIÓN MÁXIMA:</b>		
<b>04 ELECTROBOMBA</b>	01 HORA	HORA
<b>1 ELECTROBOMBA</b>	150	L/S
<b>1 ELECTROBOMBA</b>	0.15	M3/S
<b>1 ELECTROBOMBA</b>	540	M3/HR
<b>3 ELECTROBOMBA</b>	450	L/S
<b>3 ELECTROBOMBA</b>	<b>1620.00</b>	M3/HR

<b>COSTO PERDIDA DE PRODUCCIÓN POR HORA</b>	
COSTO DE PRODUCCIÓN	S/. 31.34
MATERIA PRIMA	S/. 138.60
<b>COSTO DE PERDIDA DE PRODUCCIÓN POR HORA</b>	<b>S/. 169.94</b>

Elaboración: propia

**2.5.6.5.1. COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Cuadro N° 41: Costo de mantenimiento correctivo

<b>COSTO DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>				
ITEM	REPUESTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Rodamientos	S/. 300.00	2	S/.600.00
2	Eje de bomba	S/. 2,300.00	1	S/.2,300.00
2	Sello Mecánico	S/. 150.00	1	S/.150.00
3	H-h.	S/. 9.40	32	S/.300.80
4	Lubricante	S/. 15.00	1	S/.15.00
				<b>S/.3,365.80</b>

Elaboración: propia

**2.5.6.5.2. COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

*Cuadro N° 42: Costo de mantenimiento preventivo*

<b>COSTO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
ITEM	REPUESTO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
1	Rodamientos	S/. 300.00	2	S/.600.00
2	Sello Mecánico	S/. 150.00	1	S/..150.00
3	H-h.	S/. 9.40	16	S/..150.40
4	Lubricante	S/. 15.00	0.5	S/..7.50
				S/.907.90

Elaboración: propia

**2.6. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

**2.6.4. DISEÑO ESTADÍSTICO PARA LA HIPÓTESIS N° 02.**

- las estrategias y políticas de mantenimiento serán las adecuadas en la división de mantenimiento para aumentar la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A

**2.6.4.1.MODOS DE FALLAS.**

*Cuadro N° 43: Modos de fallas de electrobomba*

ITEM	FALLA FUNCIONAL	CAUSA RAÍZ	TAREA DE MANTENIMIENTO
1	LA BOMBA NO ARRANCA	CIRCUITO ELÉCTRICO ABIERTO O INCOMPLETO	VERIFIQUE CIRCUITO
		LOS IMPULSORES SE AGARROTAN CONTRA EL TAZÓN	REPOSICIONE EL AJUSTE DEL IMPULSOR
		BAJA TENSIÓN SUMINISTRADA AL MOTOR ELÉCTRICO	VERIFIQUE SI EL CABLEADO DEL MOTOR ES CORRECTO Y RECIBE TENSIÓN PLENA
		MOTOR DEFECTUOSO	CONSULTE CON LA FABRICA
2	NO ENTREGA SUFICIENTE LIQUIDO	VELOCIDAD DEMASIADO BAJA	VERIFIQUE SI EL CABLEADO DEL MOTOR ES CORRECTO Y RECIBE TENSIÓN PLENA
		ROTACIÓN EQUIVOCADA	VERIFIQUE LA ROTACIÓN VISTA DESDE ARRIBA. REVISAR POLARIDAD
		ALTURA TOTAL DE LA BOMBA ES DEMASIADO ALTA	VERIFIQUE PERDIDAS DE FRICCIÓN. TUBOS MAS GRANDES PUEDEN CORREGIR

Continúa...

		OBSTRUCCIÓN PARCIAL DE LOS PASAJES DEL LIQUIDO	VERIFICAR INSTALACIÓN
		CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		IMPULSORES AJUSTADOS DEMASIADO ALTO	REPOSICIONE EL AJUSTE DEL IMPULSOR
3	LA BOMBA ES MUY RUIDOSA	CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		EJE FLECADO	ENDERECE SEGÚN SE REQUIERA
		PIEZAS GIRANDO AGARROTADAS, FLOJAS O ROTAS	CAMBIE SEGÚN SE REQUIERA
		COJINETES DESGASTADOS	CAMBIE COJINETES
4	EL PRENSAESTOPAS SE RECALIENTA	LA EMPAQUETADURA ESTA DEMASIADO APRETADA	ALIVIE LA PRESIÓN DEL COLLARÍN
		LA EMPAQUETADURA NO ESTA LUBRICADA	ALIVIE LA PRESIÓN DEL COLLARÍN Y CAMBIE EMPAQUETADURA VUELVA A ENGRASAR
		GRADO EQUIVOCADO DE EMPAQUETADURA	CONSULTE CON LA FABRICA
		PRENSAESTOPAS EMPAQUETADO INCORRECTAMENTE	RE EMPAQUE
5	EXCESIVAS VIBRACIONES	MALA ALINEACIÓN DEL ACOPLAMIENTO	ALINEE EL ACOPLAMIENTO
		EJE FLECADO	DESMONTE BOMBA
		IMPULSOR DESEQUILIBRADO	DESMONTE BOMBA
		CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		DEFORMACIÓN DE TUBERÍA	DESMONTE BOMBA
		MOTOR O EJE JUEGO DEL EJE MOTRIZ MAL AJUSTADO	DESMONTE

Elaboración: propia

### 2.6.4.2.DESCOMPOSICIÓN DE EQUIPO.

Cuadro N° 44: Descomposición de equipos

MOTOR DE EJE SOLIDO HORIZONTAL	
cuña Talón coplee	MP
cuña cuadrada	MP
rodamiento de empuje de rodillos esféricos	MP
resortes de precarga del rodamiento y espaciador	MP
Montura de rodamiento	MP
rotor	MP
estator	MP
eje solido	MP
eje hueco	MP
anillo estabilizador	MP
guía de rodamiento	MP

ACOPLAMIENTO MOTOR BOMBA		
Apoyo de motor	REP.	SUST
Guarda de acoplamiento	REP.	SUST
Cubo de motor	REP.	SUST

Continua...

anillo-retén	MP	
Placa-ajuste	MP	
Cubo bomba	REP.	SUST
Chaveta bomba	MP	

BOMBA		
Árbol del cabezal	REP.	SUST
columna-tope	REP.	SUST
Tubo-recubierto	REP.	SUST
cojinete - tubo	MP	
Eje maestro	MP	
columna-inferior	REP.	SUST
acoplamiento - eje maestro	MP	
adaptador - cojinete	MP	
tazón-tazón de descarga	REP.	SUST
eje de la bomba	MP	
Cojinete - estrangulador	MP	
Tazón - superior	REP.	SUST
Tazón - intermedio	REP.	SUST
Cesta de aspiración	REP.	SUST
Campana de succión	REP.	SUST
Anillo de empuje	MP	
Chaveta-impulsor	MP	
impulsor	SUST	
anillo de desgaste Tazón	MP	
anillo de desgaste impulsor	MP	
collar de arena	MP	
cojinete-succión	MP	

Elaboración: propia

**2.6.4.3. TEST DE TENDENCIA DE LAPLACE.**

$$L = \frac{\left(\frac{1}{N-1} * \sum_{i=1}^{N-1} T_i\right) - \frac{T_N}{2}}{T_N * \left[\frac{1}{12(N-1)}\right]^{\frac{1}{2}}}$$

..... (Ec. N° 32)

**Donde:**

T<sub>N</sub> : Tiempo Operativo antes de la falla

TPO / MTTF : Tiempo Promedio Operativo / Tiempo Medio para la falla

N : Numero de datos analizados

L: Parámetro de tendencia

Cuadro N° 45: Calculo de Test tendencia de Laplace

N	TO (horas)	TO (días)	TO acumulado
1	72	3	3
2	288	12	15
3	480	20	35
4	504	26	61
5	624	27	88
6	648	27	88
7	888	37	125
8	1032	43	168
			583.00

N	8
L	-1.35

**CONCLUSIÓN:** es correcto utilizar la distribución Weibull por estar dentro del rango <-1.96;1.96>

Elaboración: propia

#### 2.6.4.4.MODELO MATEMÁTICO DE WEIBUL.

Cuadro N° 46: Modelamiento matemático de Weibull

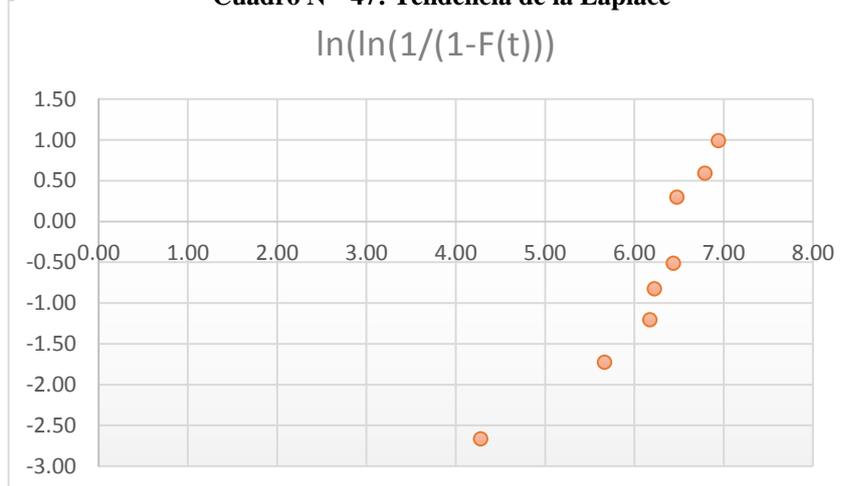
		Estimado	X	Y
i	TBF(Khoras)	F(t)	ln(T)	ln(ln(1/(1-F(t))))
1	72	6.73%	4.28	-2.66
2	288	16.35%	5.66	-1.72
3	480	25.96%	6.17	-1.20
4	504	35.58%	6.22	-0.82
5	624	45.19%	6.44	-0.51
8	648	74.04%	6.47	0.30
9	888	83.65%	6.79	0.59
10	1032	93.27%	6.94	0.99
<b>β</b>	1.35			
<b>η</b>	725.6	HORAS		
<b>γ</b>	0	HORAS		

Continúa...

COEF CORR	0.92098264	
<b>Calculadora</b>		
<b>t</b>	137	HORAS
<b>B X%</b>	10%	
<b>TMEF</b>	665.2	HORAS/FALLA
<b>T</b>	440	HORAS
<b>R(t)</b>	60.15%	OPTIMIZADA
<b>R(t)</b>	41.11%	ACTUAL

Elaboración: Propia

Cuadro N° 47: Tendencia de la Laplace



Elaboración: propia

**2.6.4.5. TEST DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV.**

$$D = SUP_{1 \leq i \leq n} |F^n(X_i) - F_0(X_i)|$$

..... (Ec. N° 33)

**Donde:**

$X_i$  : i-ésimo valor observado en la muestra

$F^n(X_i)$  : Estimador de probabilidad.

$F_0(X_i)$  : Probabilidad observado.

Cuadro N° 48: Calculo del Test de Kolmogoroc Smirnov

$\beta$	1.35	
$\eta$	725.61	horas
$\gamma$	0	horas

ITEM	T(h)	F^(t)	F(ti)	/F(ti)-F^(ti)/	/F(ti)-F^(ti-1)/	D
1	72	8.333333%	4.3001%	-0.0403		-0.0403
2	288	20.23810%	24.9171%	0.0468	0.1658	0.1658
3	480	32.14286%	43.5520%	0.1141	0.2331	0.2331
4	504	44.04762%	45.7115%	0.0166	0.1357	0.1357
5	624	55.95238%	55.7550%	-0.0020	0.1171	0.1171
6	648	67.85714%	57.6045%	-0.1025	0.0165	0.0165
7	888	79.76190%	73.1277%	-0.0663	0.0527	0.0527
8	1032	91.66667%	80.0160%	-0.1165	0.0025	0.0025
<b>D</b>						0.23314
<b>Da</b>						0.430

D es menor Da, se acepta la hipótesis

Elaboración: propia

2.6.4.6.FUNCIONES DE WEIBUL.

Cuadro N° 49: Modelamiento de funciones de Weibul

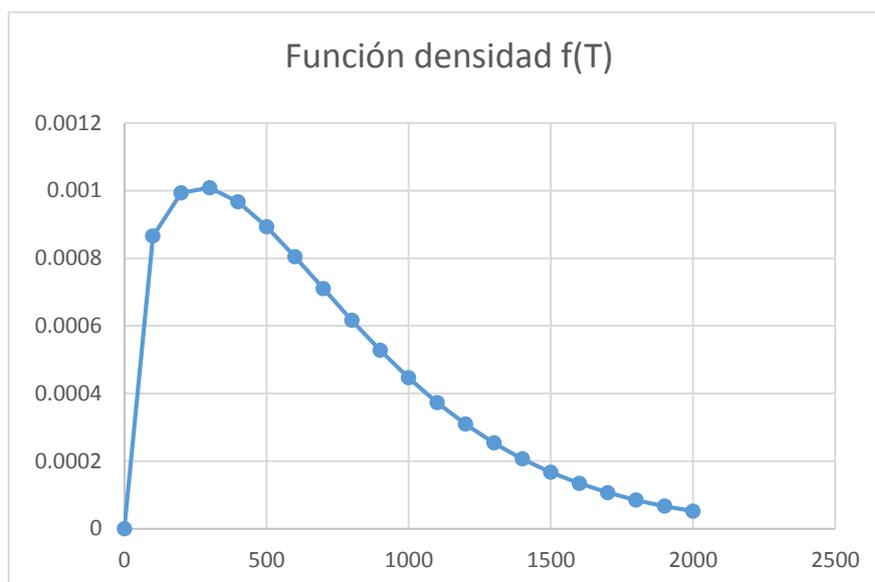
T(HRS)	Función densidad f(T)	Función Probab Acumulada de Falla F(T)	Función Probab Acumulada de Falla R(T)	Riesgo h(T)
0	0	0%	100%	0
100	0.000865549	7%	93%	0.000926953
200	0.00099346	16%	84%	0.001183468
300	0.001008549	26%	74%	0.001365276
400	0.000966444	36%	64%	0.001510969
500	0.00089323	45%	55%	0.001634601
600	0.000804413	54%	46%	0.001743088
700	0.000709945	61%	39%	0.001840412
800	0.000616287	68%	32%	0.001929098
900	0.000527514	74%	26%	0.002010867
1000	0.000446025	79%	21%	0.002086943
1100	0.000373035	83%	17%	0.002158239
1200	0.000308933	86%	14%	0.002225452
1300	0.000253554	89%	11%	0.002289129
1400	0.000206383	91%	9%	0.002349708

Continúa...

1500	0.000166695	93%	7%	0.002407546
1600	0.000133669	95%	5%	0.002462937
1700	0.000106459	96%	4%	0.00251613
1800	8.42443E-05	97%	3%	0.002567333
1900	6.62582E-05	97%	3%	0.002616725
2000	5.18091E-05	98%	2%	0.002664462

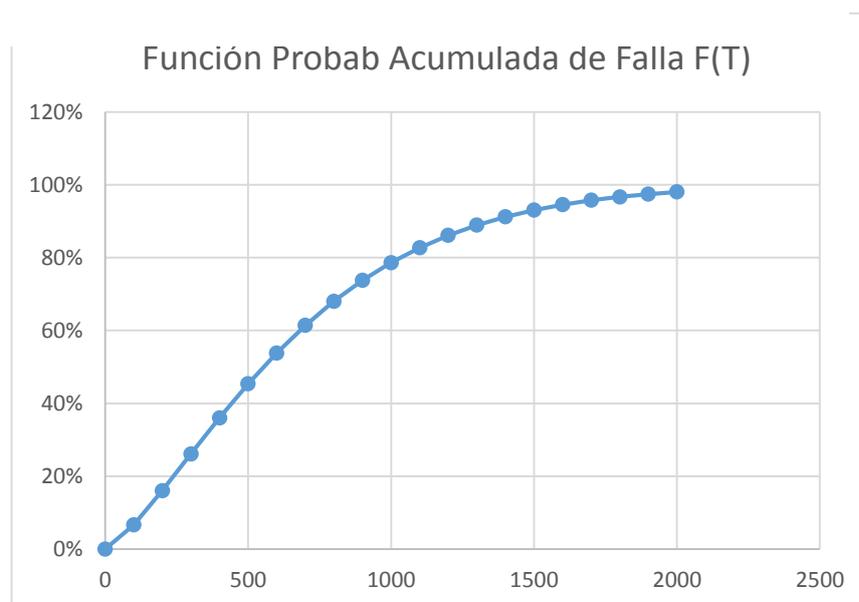
Elaboración: propia

Grafico N° 42: Calculo de la función densidad de falla



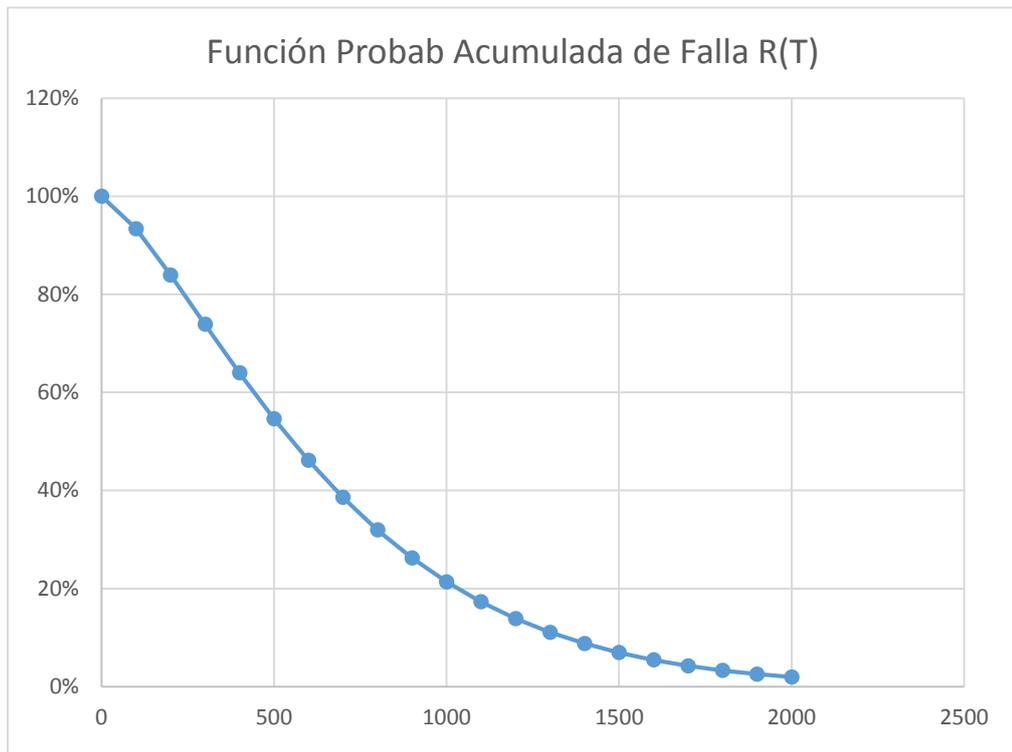
Elaboración: propia

Grafico N° 43: Calculo de la Función Probabilidad Acumulada de Falla



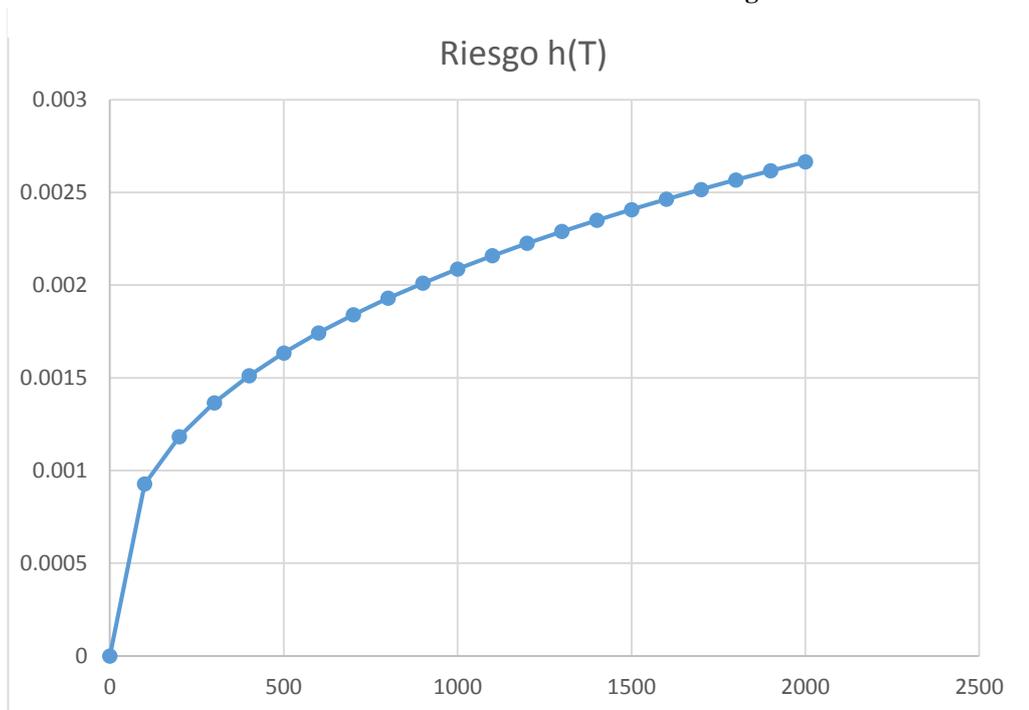
Elaboración: propia

**Grafico N° 44: Calculo de la función confiabilidad**



Elaboración: propia

**Grafico N° 45: Calculo de la función riesgo**



Elaboración: propia

2.6.4.7.OPTIMIZACIÓN.

Cuadro N° 50: Cálculo de optimización de costo vs mantenimiento

$\beta$	1.35	<b>Costo Mínimo</b>	<b>6.025</b>	S./hora
$\eta$	725.61	<b>Frecuencia Óptima</b>	460	horas
$\gamma$	0		21	días

<b>CP</b>	907.9	S/.	<b>CF/Cp</b>	3.71
<b>CF</b>	3365.8	S/.		
<b>dt</b>	10	horas		

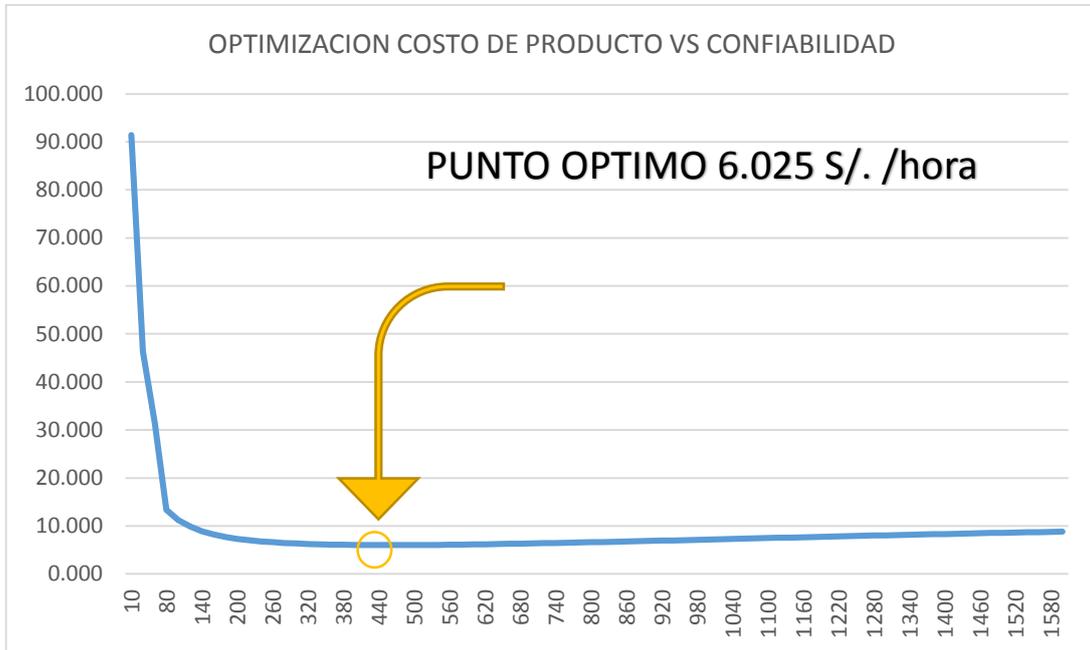
t	f(t)	t*f(t)*dt	integral(t*f(t)*dt)	R(t)	F(t)	M(t)	C(t) \$/hora
0	0	0	0	100.000%	0	0	
10	0.000410471	0.04104711	0.041047	99.696%	0.003039636	13.5039542	91.440
20	0.000521588	0.10431761	0.145365	99.226%	0.007743272	18.7730349	46.369
30	0.000598309	0.17949273	0.324857	98.664%	0.013361305	24.3133015	31.438
80	0.000814497	0.65159794	0.976455	95.058%	0.04942081	19.7579802	13.365
100	0.000865549	0.86554906	1.842004	93.376%	0.066242618	27.8069391	11.245
120	0.000905473	1.0865676	2.928572	91.603%	0.083968938	34.8768499	9.874
140	0.000936789	1.3115042	4.240076	89.760%	0.10240433	41.4052438	8.927
160	0.000961157	1.53785132	5.777928	87.861%	0.121394274	47.5963764	8.242
180	0.000979755	1.76355821	7.541486	85.919%	0.140812205	53.5570464	7.731
200	0.00099346	1.98692015	9.528406	83.945%	0.160551886	59.3478293	7.342
220	0.001002957	2.20650647	11.734912	81.948%	0.180522583	65.0052321	7.039
240	0.001008796	2.42111111	14.156024	79.935%	0.200645816	70.5522986	6.801
260	0.001011429	2.62971656	16.785740	77.915%	0.220853079	76.0041024	6.613
280	0.001011238	2.83146672	19.617207	75.892%	0.241084176	81.3707773	6.464
300	0.001008549	3.02564561	22.642852	73.871%	0.261285959	86.6592776	6.346
320	0.001003644	3.21166016	25.854513	71.859%	0.281411357	91.874446	6.253
340	0.000996772	3.38902601	29.243539	69.858%	0.301418605	97.0196864	6.181
360	0.000988154	3.55735552	32.800894	67.873%	0.321270613	102.097399	6.125
380	0.000977986	3.71634742	36.517242	65.907%	0.340934448	107.109275	6.084
400	0.000966444	3.86577783	40.383019	63.962%	0.360380906	112.05649	6.055
420	0.000953689	4.00549226	44.388512	62.042%	0.379584136	116.939849	6.036
440	0.000939863	4.13539851	48.523910	60.148%	0.398521324	121.759884	6.027
460	0.0009251	4.2554603	52.779370	58.283%	0.417172418	126.516922	6.025
480	0.000909519	4.36569144	57.145062	56.448%	0.435519877	131.211145	6.030
500	0.00089323	4.46615057	61.611212	54.645%	0.453548462	135.842622	6.041
520	0.000876334	4.55693629	66.168149	52.875%	0.471245035	140.411344	6.057
540	0.000858923	4.63818278	70.806332	51.140%	0.488598387	144.917244	6.078
560	0.000841081	4.71005568	75.516387	49.440%	0.505599078	149.360215	6.103
580	0.000822888	4.77274834	80.289136	47.776%	0.522239294	153.740127	6.132
600	0.000804413	4.82647835	85.115614	46.149%	0.538512713	158.056833	6.164

Continúa...

620	0.000785723	4.87148432	89.987098	44.559%	0.554414383	162.31018	6.200
640	0.000766879	4.90802294	94.895121	43.006%	0.569940612	166.500016	6.238
660	0.000747934	4.93636623	99.831487	41.491%	0.585088863	170.626197	6.278
680	0.000728941	4.95679905	104.788286	40.014%	0.599857658	174.688587	6.321
700	0.000709945	4.9696167	109.757903	38.575%	0.614246489	178.687066	6.366
720	0.000690989	4.97512287	114.733026	37.174%	0.628255734	182.621534	6.413
740	0.000672112	4.97362759	119.706654	35.811%	0.641886584	186.491908	6.461
760	0.000653348	4.96544548	124.672099	34.486%	0.655140966	190.298127	6.511
780	0.00063473	4.95089405	129.622993	33.198%	0.66802148	194.040157	6.562
800	0.000616287	4.9302922	134.553285	31.947%	0.680531331	197.717988	6.615
820	0.000598044	4.90395888	139.457244	30.733%	0.692674279	201.331634	6.668
840	0.000580025	4.87221176	144.329456	29.555%	0.704454577	204.881139	6.723
860	0.000562252	4.83536617	149.164822	28.412%	0.715876923	208.366574	6.779
880	0.000544743	4.79373403	153.958556	27.305%	0.726946413	211.78804	6.835
900	0.000527514	4.74762296	158.706179	26.233%	0.737668494	215.145666	6.892
920	0.00051058	4.69733545	163.403515	25.195%	0.748048927	218.439608	6.950
940	0.000493954	4.64316812	168.046683	24.191%	0.758093744	221.670056	7.008
960	0.000477647	4.58541112	172.632094	23.219%	0.767809215	224.837226	7.067
980	0.000461668	4.52434754	177.156441	22.280%	0.777201812	227.941364	7.126
1000	0.000446025	4.46025293	181.616694	21.372%	0.78627818	230.982747	7.185
1020	0.000430725	4.3933949	186.010089	20.495%	0.795045108	233.96168	7.244
1040	0.000415772	4.32403277	190.334122	19.649%	0.803509498	236.878497	7.304
1060	0.000401171	4.25241727	194.586539	18.832%	0.811678348	239.733559	7.364
1080	0.000386925	4.17879034	198.765330	18.044%	0.81955872	242.527259	7.424
1100	0.000373035	4.10338493	202.868714	17.284%	0.827157725	245.260013	7.483
1120	0.000359502	4.02642487	206.895139	16.552%	0.834482501	247.932268	7.543
1140	0.000346327	3.94812482	210.843264	15.846%	0.841540196	250.544496	7.603
1160	0.000333508	3.86869019	214.711954	15.166%	0.848337948	253.097194	7.662
1180	0.000321044	3.78831714	218.500272	14.512%	0.854882874	255.590886	7.721
1200	0.000308933	3.70719263	222.207464	13.882%	0.861182053	258.02612	7.780
1220	0.000297172	3.62549447	225.832959	13.276%	0.867242516	260.403468	7.838
1240	0.000285757	3.54339139	229.376350	12.693%	0.873071232	262.723523	7.896
1260	0.000274686	3.46104319	232.837393	12.132%	0.878675097	264.986903	7.953
1280	0.000263953	3.37860084	236.215994	11.594%	0.884060928	267.194247	8.010
1300	0.000253554	3.29620666	239.512201	11.076%	0.889235451	269.346212	8.066
1320	0.000243484	3.21399449	242.726195	10.579%	0.894205295	271.443478	8.122
1340	0.000233738	3.13208984	245.858285	10.102%	0.898976986	273.48674	8.177
1360	0.00022431	3.05061018	248.908895	9.644%	0.903556937	275.476713	8.232
1380	0.000215193	2.96966506	251.878560	9.205%	0.907951449	277.414129	8.286
1400	0.000206383	2.88935641	254.767917	8.783%	0.912166701	279.299734	8.339
1420	0.000197872	2.80977871	257.577695	8.379%	0.91620875	281.134289	8.391
1440	0.000189654	2.73101927	260.308715	7.992%	0.920083526	282.918569	8.443
1460	0.000181723	2.65315848	262.961873	7.620%	0.923796826	284.653363	8.494
1480	0.000174072	2.57627003	265.538143	7.265%	0.92735432	286.339469	8.544
1500	0.000166695	2.50042118	268.038564	6.924%	0.930761541	287.977696	8.593
1520	0.000159584	2.42567299	270.464237	6.598%	0.934023887	289.568866	8.641
1540	0.000152733	2.35208062	272.816318	6.285%	0.937146622	291.113804	8.688
1560	0.000146134	2.27969354	275.096012	5.987%	0.940134873	292.613347	8.735
1580	0.000139782	2.20855578	277.304567	5.701%	0.942993631	294.068335	8.780
1600	0.000133669	2.13870623	279.443274	5.427%	0.945727749	295.479617	8.825

Elaboración: propia

Grafico N° 46: Calculo optimización costo de producción vs confiabilidad



Elaboración: propia

2.6.4.8.EVALUACIÓN PREVENTIVO VS CORRECTIVO.

Cuadro N° 51: Costo de MP

CÁLCULO del COSTO ANUAL DE UN MODO DE FALLO, COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS Costo de Mantenimiento + costo de todas las CONSECUENCIAS sobre las Gananc. y Pérd.)					
<b>1 MODO DE FALLA:</b>					
1A2	tiempo	1 MESES			
<b>2 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO</b>					
PREVENTIVO	cantidad	4			
		4 0.1			
	Cálculo	Cantidad	Unidad	Cost/unid	COSTO
<b>COSTO p. PREVENIR</b>					
3 Repuestos		300	rodamiento FAG	2	600.0
4 Mano de Obra directa	hs.H	16.00	horas	9.4	150.4
5 Otros costos directos de Mantenimiento		16	horas		
6 Tiempo de parada del equipo para el mant.		4	horas	-	-
7 Tiempo de proceso detenido		4	horas	-	-
8 Utilidades perdidas por proceso detenido	hours x \$/h			-	-
9 Costo de M.deO. de producción ocioso			hs.Homb	-	-
10 Costo adicional (horas extra, etc.)	hs extra, etc.			-	-
11 Materiales perdidos o deteriorados por MF				-	-
12 Otros costos de Mantenim. ocasionados					
13 COSTO TOTAL cada vez que se hace	SUMA de anter.				750.4
14 Frecuencia de ocurrencia anual	Vida útil	18.0	veces/años		
15 COSTO TOTAL PARA REPARACIÓN ANTICIPADA					13,507.2

Elaboración: propia

Cuadro N° 52: Costo de MC

COSTO DE REPARACIÓN (NO ANTICIP.)				
MODO DE FALLA				
17Repuestos		300rodamiento FAG	2	600.0
18Mano de Obra directa de Mantenimiento	mec-elec	16hs.Hx \$	9	150.4
19Otros Costos directos de Mantenimiento				307.9
20SUB-TOTAL por MF	SUMA de ant.	\$		1,058.3
DAÑOS SECUNDARIOS (si los hay)				
21Repuestos		2300eje de bomba	1	2,300.0
22Mano de Obra directa de Mantenimiento	hs,Hx \$/h	8horas	9	75.2
23Otros costos directos de Mantenimiento				
24Sub-total para el daño secundario	SUMAd e ant.			2,375.2
25% Daño secundario/MF		100%		
26SUB-TOTAL.Daño secund. x % ocurrencia	[24] x [25]			2,375.2
COSTO DE LAS CONSEC. OPERAC.				
27Tiempo de equipo detenido		48.00horas		
28Tiempo de proceso detenido		6horas		
29Utilidades perd. por interrup. de proceso	hs paradax\$/h		169	1,014.0
30Costo de M.deO. de prod.ociosa por el MF	hs.Hx \$/h	6.00	24	144.0
31Costo adicional para recup.(hs extra, etc.)				-
32Cost de pérdidas de CALIDAD				-
33Costo de pérdidas de SERVICIO		8	400	3,200.0
34Materiales perdidos por el MF				-
35Costos de Energía Eléctrica Adicionales		8	1	4.6
36Otros costos originados por el MF		1transporte	30	30.0
37Costo Oper.Total (sum. al costo de repar.)	SUMA de anter.	\$/ocurr.		4,392.6
38COSTO TOTAL SI "NO ANTICIPADO"	[20]+[26]+[37]	\$/ocurr.		7,826.1
Frecuencia de ocurrencia de la falla	TMEF	12.00veces/año		
39COSTO TOTAL SI NO ANTICIPADO		\$/año		93,912.7
<b>COMPARE MP VS MC</b>				
<b>La diferencia es el beneficio adicional</b>		<b>\$/año80,406</b>	<b>a favor de PREVENTIVO</b>	

© ELLMANN, SUEIRO Y ASOCIADOS 2006

Elaboración: propia

## 2.7. RESULTADOS PARA LA HIPÓTESIS 1.

Cuadro N° 53: Resultados de la hipótesis N° 01

COSTO A 1 AÑO				
monto con equipos de baja eficiencia	monto con equipos de alta eficiencia	monto con equipos de alta eficiencia sin hora punta		
1,371,404.88	1,215,201.86	1,191,295.68		
Evaluación			monto	porcentaje
ahorro con equipos de alta eficiencia			156.203.02	11.4%
ahorro con equipos de alta eficiencia y eficiencia operacional			180,109.2	13.13%
evaluación de inversión		reducción de costo al	años	
inversión en mejoras en la planta de tratamiento	S/.1,975,690.65	11.4%	12.6	
		24.53%	5.9	

Elaboración: propia

2.8. RESULTADOS PARA LA HIPÓTESIS 2.

Cuadro N° 54: Resultados de la Hipótesis N° 02

<b>Utilizando el TMEF</b>		
Tiempo medio entre fallas:	665	Horas
Confiabilidad o Supervivencia:	41.1%	
Costo en Optimización Weibull:	6.32	S/. / Horas
<i>El costo obtenido Utilizando el TMEF es mayor en 0.30 S/./hora que el El costo obtenido Utilizando Weibull para Optimización</i>		

<b>Utilizando el Estimado por Proveedor</b>		
Tiempo Estimado:	1500	Horas
Confiabilidad o Supervivencia:	5.92%	
Costo en Optimización Weibull:	8.59	S/. / Horas
<i>El costo obtenido Utilizando el Estimado por Proveedor es 2.27 S/./hora es mayor que el El costo obtenido Utilizando Weibull para Optimización</i>		

<b>Utilizando Weibull para Optimización</b>		
Tiempo Óptimo:	440	Horas
Confiabilidad o Supervivencia:	60.2%	
Costo en Optimización Weibull:	6.02	S/. / Horas

Elaboración: propia

El mantenimiento que se debe de aplicar es Preventivo, con una frecuencia de 440 Horas

Se evidenciado que la mortalidad es muy temprana, debido al mal montaje

Cuadro N° 55: Modo de falla de la bomba

Ref.	Modo de Falla	Beneficio Anual Estimado por Unidad al año	Beneficio Anual Estimado para X equipos similares	Tipo de Tarea
1	1A1	20101.38	80,406.0	SUSTITUCIÓN PROGRAMADA (PREVENTIVO)
	<i>Total s./Año</i>	3320101.38	80,406.0	

Cantidad de equipos similares	4
-------------------------------	---

Elaboración: Propia

**2.8.4. PLAN DE MANTENIMIENTO.**

**Cuadro N° 56: Plan de mantenimiento y tarea de mantenimiento**

ITEM	FALLA FUNCIONAL	CAUSA RAÍZ	TAREA DE MANTENIMIENTO
1	LA BOMBA NO ARRANCA	CIRCUITO ELÉCTRICO ABIERTO O INCOMPLETO	VERIFIQUE CIRCUITO
		LOS IMPULSORES SE AGARROTAN CONTRA EL TAZÓN	REPOSICIONE EL AJUSTE DEL IMPULSOR
		BAJA TENSIÓN SUMINISTRADA AL MOTOR ELÉCTRICO	VERIFIQUE SI EL CABLEADO DEL MOTOR ES CORRECTO Y RECIBE TENSIÓN PLENA
		MOTOR DEFECTUOSO	CONSULTE CON LA FABRICA
2	NO ENTREGA SUFICIENTE LIQUIDO	VELOCIDAD DEMASIADO BAJA	VERIFIQUE SI EL CABLEADO DEL MOTOR ES CORRECTO Y RECIBE TENSIÓN PLENA
		ROTACIÓN EQUIVOCADA	VERIFIQUE LA ROTACIÓN VISTA DESDE ARRIBA. REVISAR POLARIDAD
		ALTURA TOTAL DE LA BOMBA ES DEMASIADO ALTA	VERIFIQUE PERDIDAS DE FRICCIÓN. TUBOS MAS GRANDES PUEDEN CORREGIR
		OBSTRUCCIÓN PARCIAL DE LOS PASAJES DEL LIQUIDO	VERIFICAR INSTALACIÓN
		CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		IMPULSORES AJUSTADOS DEMASIADO ALTO	REPOSICIONE EL AJUSTE DEL IMPULSOR
3	LA BOMBA ES MUY RUIDOSA	CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		EJE FLECADO	ENDERECE SEGÚN SE REQUIERA
		PIEZAS GIRANDO AGARROTADAS, FLOJAS O ROTAS	CAMBIE SEGÚN SE REQUIERA
		COJINETES DESGASTADOS	CAMBIE COJINETES
4	EL PRENSAESTOPAS SE RECALIENTA	LA EMPAQUETADURA ESTA DEMASIADO APRETADA	ALIVIE LA PRESIÓN DEL COLLARÍN
		LA EMPAQUETADURA NO ESTA LUBRICADA	ALIVIE LA PRESIÓN DEL COLLARÍN Y CAMBIE EMPAQUETADURA VUELVA A ENGRASAR
		GRADO EQUIVOCADO DE EMPAQUETADURA	CONSULTE CON LA FABRICA
		PRENSAESTOPAS EMPAQUETADO INCORRECTAMENTE	RE EMPAQUE
5	EXCESIVAS VIBRACIONES	MALA ALINEACIÓN DEL ACOPLAMIENTO	ALINEE EL ACOPLAMIENTO
		EJE FLECADO	DESMONTE BOMBA
		IMPULSOR DESEQUILIBRADO	DESMONTE BOMBA
		CAVITACIÓN	AUMENTE EL NIVEL DEL LIQUIDO EN EL SUMIDERO
		DEFORMACIÓN DE TUBERÍA	DESMONTE BOMBA
		MOTOR O EJE JUEGO DEL EJE MOTRIZ MAL AJUSTADO	DESMONTE

**Elaboración: propia**

**2.9. DISCUSIÓN Y COMPARACIÓN.**

<p><b>INVESTIGACIÓN 1</b></p>	<p><b>INVESTIGACIÓN 2</b></p>
<p>Estudio de eficiencia energética y mantenimiento centrado en la confiabilidad de las estaciones de captación e impulsión de la empresa SEDA JULIACA S.A.</p>	<p>Estudio del plan de ahorro y eficiencia energética en la empresa municipal de saneamiento básico Puno (EMSA PUNO S.A)</p>
<p>Mediante la metodología de estudio de eficiencia energética e estaciones de bombeo del BID -2011, se realiza la recopilación de información en campo y en gabinete de las estaciones de captación e impulsión de la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A</p>	<p>Estudio realizado mediante la recopilación de información del análisis de las instalaciones energéticas existentes, se plantea las primeras medidas de mejoras de las instalaciones existentes en la planta de tratamiento de agua potable Aziruni y Captación Chimú de la empresa EMSA PUNO S.A.</p>
<p>La reducción de costos estimados con remplazo de las electrobombas de alta eficiencia normas de fabricación MENA-5 / IEC-5, es del 11.4.0 %</p>	<p>Mediante la sustitución de electrobombas se tienen un mínimo de ahorro en energía de 2384.13 Kwh/mes y un máximo de 4768027 Kwh / mes</p>

<p>En el consumo de energía eléctrica, el cual asciende a s/. 156,203.02, con un retorno de la inversión en 12.6 años</p> <p>Con la optimización en las operaciones sin ingreso a hora punta el ahorro es de 24.53 % en consumo de energía eléctrica, el cual asciende a s/. 336,312.22 con un retorno de la inversión en 5.9 años</p>	<p>Reemplazo de lámparas de incandescentes por fluorescente de 36 w, se tiene un ahorro en energía de 1476.79 Kwh/mes</p> <p>Se tiene una reducción en energía con respecto a la producción de 3.78%, que equivale a 2221.83 soles/ mes., ñade que implementado variadores de velocidad de estima una reducción de 40 % en consumo de energía</p>
<p>Con el modelo matemático de Weibull se tiene 440 horas para su intervención con mantenimiento preventivo de la electrobomba una confiabilidad al 60.15 %, con un costo optimizado de Weibull de 6.02 s/./hora</p> <p>Para garantiza la operatividad, evitando una pérdida en producción y reparación del equipo de s/. 93,912.7 teniendo así un beneficio de s/ 80,406.0, con una mantenimiento preventivo a las 440 horas con un costo de s/. 13,507.2</p>	<p>El ahorro básico es generalmente alcanzable mediante la implementación de la política de mantenimiento preventivo anual y la aplicación del mantenimiento predictivo de los equipos instalados en la planta de tratamiento Aziruni y captación Chimu</p> <p>Ahorro energético por mantenimiento de 4768.27 kwh/ mes en soles de 2527.18 oles</p>

La presente investigación se puede hacer una comparación con “Estudio del plan de ahorro y eficiencia energética en la empresa municipal de saneamiento básico – Puno S.A”, el cual considera un estimado de ahorro de energía con reemplazo de equipos de iluminación, tableros y compensación de energía reactiva, mas no el reemplazo la electrobombas, más bien hace una comparación con respecto a la opción tarifaria. Más no considero el ahorro en el área del mantenimiento de las bombas. Pero mediante el estudio de eficiencia energética se determinó cuánto es el porcentaje de eficiencia de las electrobombas, la productividad de la división de mantenimiento y cómo influyen en los costos de operación de las estaciones de impulsión y captación en la planta de tratamiento de agua potable de la empresa SEDA JULIACA S.A. Se encontró ahorro estimado de s/. 336,312.22 al año, que es el 26.4 % de ahorro energético, con un retorno de la inversión en 5.9 años. Con el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad se puede llegar a una confiabilidad del 98.8%, con probabilidad de falla del 86.38%, evitando una pérdida en producción y reparación del equipo de s/. 93,507.2, teniendo así un beneficio de s/ 80.406.0, con una mantenimiento preventivo con un costo de s/. 13,507.2. Con los resultados se elaboró el expediente técnico con una inversión de s/. 1, 953,045.68

## CONCLUSIONES

**PRIMERO .-** Se determinado que la eficiencia de las electrobombas es muy baja, estando en un rango de 23% en captación y como máximo 85.3 % de eficiencia, en impulsión 2 debido a la antigüedad de los equipos con fabricación de los años 60 y el mal dimensionamiento de los mismos, por lo cual se desarrolló el estudio de eficiencia energética, teniendo así una inversión S/ 1,975,690.65 mediante el presupuesto del fenómeno del niño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, por lo cual se estima un aumento en la eficiencia en 24.53 % generando un ahorro de energía de 336,312.22 soles/ año. Implementando un correcto mantenimiento en las estación de impulsión 2 el cual representa 51% de consumo de la planta, se tiene un beneficio de S/. 80, 406,0 en ahorro de costo evitando por fallas y pérdida de producción, dichos montos pueden ser utilizados para implementar la división de mantenimiento.

**SEGUNDO.-** La reducción de costos estimados con remplazo de las electrobombas de alta eficiencia normas de fabricación MENA-5 / IEC-5, es del 11.4 % en el consumo de energía eléctrica, el cual haciende a 156,203.02 s/. /año, con un retorno de la inversión en 12.6 años y con la optimización en las operaciones sin ingreso a hora punta el ahorro es de 13.13 % en consumo de energía eléctrica, el cual haciende a s/. 180,109.2 s/./año con un retorno de la inversión en 11.0 años, sumando ambos se tiene una reducción de costo total de 24.53.% con un retorno de la inversión en 5.9 años

**TERCERO .-** Con el modelo matemático de Weibull se tiene 440 horas para su intervención con mantenimiento preventivo de la electrobomba de la estación de impulsión 2 con probabilidad de falla al 60.15 %, con un costo optimizado de Weibull de 6.02 s/./hora, el cual es menor en un 3.57 s/./hora % al dado por el fabricante que con probabilidad de falla de 41.11 % con un costo de 8.59 s/./hora, el cual es más óptimo la operación del equipo sin fallas evitando una pérdida en producción y reparación del equipo de s/. 93,912.7, teniendo así un beneficio de s/ 80, 406,0 con una mantenimiento preventivo a las 440 horas con un costo de s/. 13,507.2. Las políticas y estrategias se deben de empezar por el método de la 5S para implementar el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

## SUGERENCIAS

**PRIMERO.-** Se sugiere complementar la investigación con metodología ya establecida, con el estudio de eficiencia energética y mantenimiento centrado en la confiabilidad de las estaciones de bombeo de aguas residuales de la empresa Seda Juliaca S.A.

**SEGUNDO.-** Como complemento a la renovación de los equipos electromecánicos, realizar el estudio de la automatización del proceso de tratamiento de agua potable mediante el control de procesos SCADA.

**TERCERO.-** Teniendo ya el expediente técnico y el presupuesto aprobado por el Ministerio de Vivienda y Construcción. Encontrándose en etapa de ejecución de las mejoras de los equipos electromecánicos, dando así la confiabilidad del proceso. Se sugiere realizar la investigación de incrementar la producción de agua potable con inyección directa al sistema de distribución a presión constante bajo el control SCADA, sin la utilización de reservorios elevados ya que al bombear a más altura se incrementa las pérdidas.

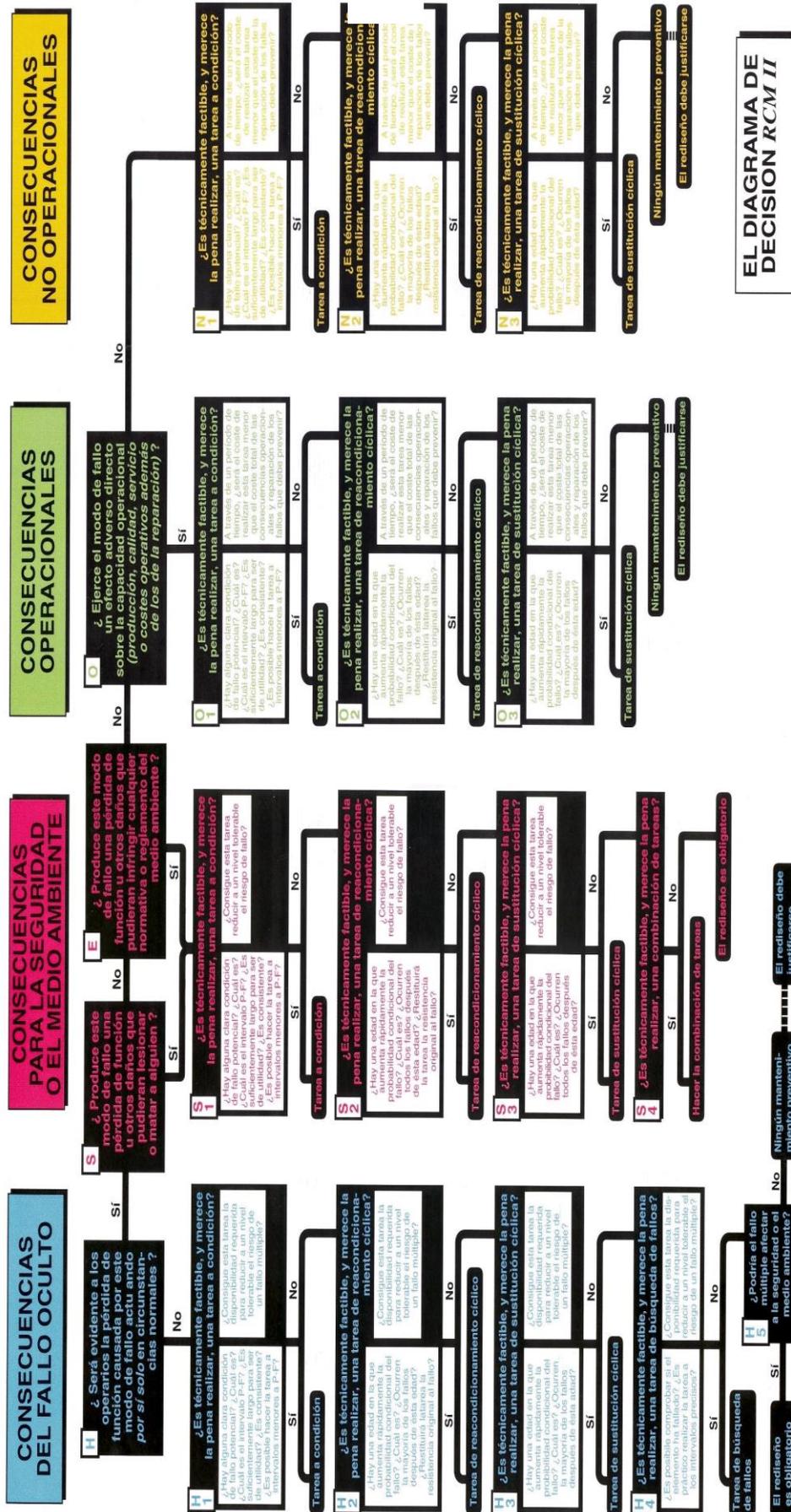
## BIBLIOGRAFÍA

- Ariel Consultores (2010). EFICIENCIA ELECTROMECAÁNICA DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO Y DE CONDICIONES HIDRÁULICAS, Lima
- BID. (2011). EVALUACIÓN PARA SISTEMAS DE BOMBEO, Manual de la eficiencia energética, Washington D.C.
- DGE, (2006) CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD UTILIZACIÓN. Lima
- Flygt a Xylem Brand. (2012). AUDITORIAS ENERGÉTICAS DE SISTEMAS DE BOMBEO, España
- Juan Roldan, (2014). INGENIERÍA DE CONFIABILIDAD APLICADA AL MANTENIMIENTO. Arequipa, TECSUP
- Juan Roldan, (2014). MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD, Arequipa, TECSUP
- Manuel Huerto Manares (2008). GESTIÓN Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA, Lima. TECSUP
- M, Salvador (2013) DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
- MIMEN, (2006). NORMA TÉCNICA DE CALIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO. Lima
- MC Graw Hill y Kenneth McNaughton, (1998). BOMBAS (Selección, Uso y Mantenimiento)
- Manuel Vizcarra (2014). PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO, Arequipa, TECSUP.
- OSINERGMIN (2006) OPCIONES TARIFARIAS Y CONDICIONES DE APLICACIÓN LAS TARIFAS USUARIO FINAL, Lima.
- OLADE (2011). GUÍA TÉCNICA DE MOTORES,
- Tomas Buirki (2012). SISTEMAS DE TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA, ,Lima ELPI
- Universidad Nacional de Ingenierías (2010) PLAN DE AHORRO DE NERVIA, , Lima

**ANEXOS**



Anexo N° 2: Cuadro de decisión del RCM



Elaboración: Propia

**Anexo N° 3: Panel fotográfico**

Foto 1,2: Bombas horizontales de filtros a presión / Tablero de distribución



**Elaboración: Propia**

Foto 3,4: : Estación de impulsión N°3 / Tablero de distribución de casa de fuerza



**Elaboración: Propia**

Foto 5,6: Tableros de control de casa química / tablero de bomba N°4 de captación



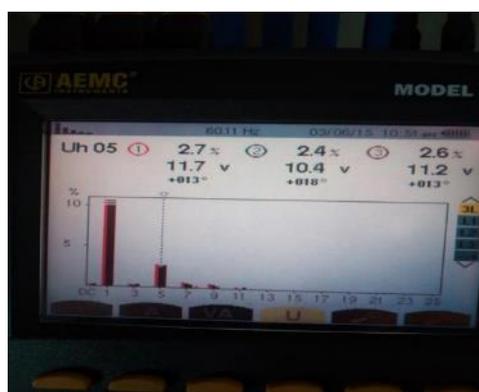
**Elaboración: Propia**

Foto 7,8: Tableros de control bomba de impulsión N°1 /impulsión N°2



Elaboración: Propia

Foto 9,10: Armónicos en la 5<sup>ta</sup> armónica / Desfase de onda senoidal V y I



Elaboración: Propia

Foto 11,12: Consumo de Potencia trifásica / almacén y taller de mantenimiento



Elaboración: Propia

Anexo N° 4: Evaluación de criticidad del transformador

		EVALUACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS				
UBICACIÓN		PTAP	AREA	CF1	EQUIPO	TRANSFORMADOR
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES		
1	<b>EFECTO SOBRE EL SERVICIO QUE PROPORCIONA</b>					
		PARA	4	que consecuencia tiene el equipos con respecto al sistema		
		REDUCE	2			
		NO PARA	0			
2	<b>VALOR TECNICO - ECONOMICO</b>					
	Considerar el costo de adquisicion, operación y Mantenimiento.	ALTO	3	Mas de S/. 5,000.00		
		MEDIO	2	Entre S/. 500.00 a S/. 5000.00		
		BAJO	1	Menos de S/. 500.00		
3	<b>LA FALLA AFECTA</b>					
	a. AL EQUIPO EN SI	SI	1	¿Deteriora otros componentes?		
		NO	0			
	b. AL SERVICIO	SI	1	¿origina problemas a otros equipos?		
		NO	0			
	c. AL OPERADOR	RIESGO	1	¿Posibilidad de accidente del operador?		
		SIN RIESGO	0			
	d. A LA SEGURIDAD EN GENERAL	SI	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos		
		NO	0			
4	<b>PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>					
		ALTA	2	¿Se puede asegurar que el equipos va a trabajar correctamente cuando se le necesita?		
		BAJA	0			
5	<b>FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA:</b>					
		UNICO	2	No existe otro o similar		
		BY PASS	1	El sistema puede seguir funcionando		
		STAND BY	0	Existe otro igual o similaar no instalado		
6	<b>DEPENDENCIA LOGISTICA</b>					
		EXTRANJERO	2	Repuesto se tienen que importar		
		LOCAL / EXT.	1	Algunos repuesto se compran localmente		
		LOCAL	0	Los repuesto se consiguen localmente		
7	<b>DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA :</b>					
		TERCEROS	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros		
		PROPIA	0	El mantenimiento se realiza con personal propio		
8	<b>FACTIBILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>					
		BAJA	1	Mantenimiento dificil		
		ALTA	0	Mantenimiento facil		

8	SUMA DE PONDERACION		19
9	ESCALA DE REFERENCIA		
	A	CRITICA	16 a 20
	B	IMPORTANTE	11 a 15
	C	REGULAR	06 a 10
	D	OPCIONAL	00 a 05

Elaboración: Propia

Anexo N° 5: Criticidad de equipamiento

			EVALUACION DE CRITICIDAD ( ESTACION DE CAPTACION )													ESCALA DE REFERENCIA	SE INCLUYE EN EL PMP
ITEM	CODIGO	NOMBRE DEL EQUIPOS	PONDERACION											TOTAL			
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8				
	EC1	ESTACION DE CAPTACION	4	3	1	1	1	1	2	2	1	0	1	17	CRITICO	SI	
1	EC1-ME1	MOTOR ELECTRICO N°01	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	IMPORTANTE	SI	
2	EC1-ME2	MOTOR ELECTRICO N°02	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	IMPORTANTE	SI	
3	EC1-ME3	MOTOR ELECTRICO N°03	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	IMPORTANTE	SI	
4	EC1-ME4	MOTOR ELECTRICO N°04	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	IMPORTANTE	SI	
5	EC1-ME5	MOTOR ELECTRICO N°05	2	3	1	1	1	1	0	1	1	0	1	12	IMPORTANTE	SI	
6	EC1-BH1	BOMBA HORIZONTAL N°01	2	3	1	0	0	0	2	1	1	0	1	11	IMPORTANTE	SI	
7	EC1-BH2	BOMBA HORIZONTAL N°02	2	3	1	0	0	0	2	1	1	0	1	11	IMPORTANTE	SI	
8	EC1-BH3	BOMBA HORIZONTAL N°03	2	3	1	0	0	0	2	1	1	0	1	11	IMPORTANTE	SI	
9	EC1-BH4	BOMBA HORIZONTAL N°04	2	3	1	0	0	0	2	1	1	0	1	11	IMPORTANTE	SI	
10	EC1-BV1	BOMBA VERTICAL N°01	2	3	1	0	0	0	2	1	1	0	1	11	IMPORTANTE	SI	
11	EC1-TC1	TABLERO DE CONTROL N°01	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	13	IMPORTANTE	SI	
12	EC1-TC2	TABLERO DE CONTROL N°02	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	13	IMPORTANTE	SI	
13	EC1-TC3	TABLERO DE CONTROL N°03	2	3	1	1	1	1	0	1	1	2	1	14	IMPORTANTE	SI	
14	EC1-TC4	TABLERO DE CONTROL N°04	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	13	IMPORTANTE	SI	
15	EC1-TC5	TABLERO DE CONTROL N°05	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	13	IMPORTANTE	SI	

Elaboración: Propia

Anexo N° 6: Criticidad de motor eléctrico

		EVALUACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS			
UBICACIÓN	PTAP	AREA	EC1	EQUIPO	MOTOR ELECTRICO N°(01,02,03,04,05)
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES	
<b>1</b>	<b>EFFECTO SOBRE EL SERVICIO QUE PROPORCIONA</b>				
		PARA	4	que consecuencia tiene el equipos con respecto al sistema	
		REDUCE	2		
		NO PARA	0		
<b>2</b>	<b>VALOR TECNICO - ECONOMICO</b>				
	Considerar el costo de adquisición, operación y Mantenimiento.	ALTO	3	Mas de S/. 5,000.00	
		MEDIO	2	Entre S/. 500.00 a S/. 5000.00	
		BAJO	1	Menos de S/. 500.00	
<b>3</b>	<b>LA FALLA AFECTA</b>				
	a. AL EQUIPO EN SI	SI	1	¿Deteriora otros componentes?	
		NO	0		
	b. AL SERVICIO	SI	1	¿origina problemas a otros equipos?	
		NO	0		
	c. AL OPERADOR	RIESGO	1	¿Posibilidad de accidente del operador?	
		SIN RIESGO	0		
	d. A LA SEGURIDAD EN GENERAL	SI	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos	
		NO	0		
<b>4</b>	<b>PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>				
		ALTA	2	¿Se puede asegurar que el equipos va a trabajar correctamente cuando se le necesita?	
		BAJA	0		
<b>5</b>	<b>FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA:</b>				
		UNICO	2	No existe otro o similar	
		BY PASS	1	El sistema puede seguir funcionando	
		STAND BY	0	Existe otro igual o similaar no instalado	
<b>6</b>	<b>DEPENDENCIA LOGISTICA</b>				
		EXTRANJERO	2	Repuesto se tienen que importar	
		LOCAL / EXT.	1	Algunos repuesto se compran localmente	
		LOCAL	0	Los repuesto se consiguen localmente	
<b>7</b>	<b>DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA :</b>				
		TERCEROS	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros	
		PROPIA	0	El mantenimiento se realiza con personal propio	
<b>8</b>	<b>FACTIBILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>				
		BAJA	1	Mantenimiento dificil	
		ALTA	0	Mantenimiento facil	
<b>8</b>	<b>SUMA DE PONDERACION</b>		<b>12</b>		
<b>9</b>	<b>ESCALA DE REFERENCIA</b>				
	A	CRITICA	16 a 20		
	B	IMPORTANTE	11 a 15		
	C	REGULAR	06 a 10		
	D	OPCIONAL	00 a 05		

Elaboración: Propia

Anexo N° 7: Evaluación de criticidad de bombas horizontales

		EVALUACION DE CRITICIDAD DE EQUIPOS			
UBICACIÓN	PTAP	AREA	EC1	EQUIPO	BOMBA HORIZONTAL N°(01,02,03,04)
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES	
1	<b>EFECTO SOBRE EL SERVICIO QUE PROPORCIONA</b>				
		PARA	4	que consecuencia tiene el equipos con respecto al sistema	
		REDUCE	2		
		NO PARA	0		
2	<b>VALOR TECNICO - ECONOMICO</b>				
	Considerar el costo de adquisicion, operación y Mantenimiento.	ALTO	3	Mas de S/. 5,000.00	
		MEDIO	2	Entre S/. 500.00 a S/. 5000.00	
		BAJO	1	Menos de S/. 500.00	
3	<b>LA FALLA AFECTA</b>				
	a. AL EQUIPO EN SI	SI	1	¿Deteriora otros componentes?	
		NO	0		
	b. AL SERVICIO	SI	1	¿origina problemas a otros equipos?	
		NO	0		
	c. AL OPERADOR	RIESGO	1	¿Posibilidad de accidente del operador?	
		SIN RIESGO	0		
	d. A LA SEGURIDAD EN GENERAL	SI	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos	
		NO	0		
4	<b>PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>				
		ALTA	2	¿Se puede asegurar que el equipos va a trabajar correctamente cuando se le necesita?	
		BAJA	0		
5	<b>FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA:</b>				
		UNICO	2	No existe otro o similar	
		BY PASS	1	El sistema puede seguir funcionando	
		STAND BY	0	Existe otro igual o similaar no instalado	
6	<b>DEPENDENCIA LOGISTICA</b>				
		EXTRANJERO	2	Repuesto se tienen que importar	
		LOCAL / EXT.	1	Algunos repuesto se compran localmente	
		LOCAL	0	Los repuesto se consiguen localmente	
7	<b>DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA :</b>				
		TERCEROS	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros	
		PROPIA	0	El mantenimiento se realiza con personal propio	
8	<b>FACTIBILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>				
		BAJA	1	Mantenimiento dificil	
		ALTA	0	Mantenimiento facil	

8	SUMA DE PONDERACION		11
9	ESCALA DE REFERENCIA		
	A	CRITICA	16 a 20
	B	IMPORTANTE	11 a 15
	C	REGULAR	06 a 10
	D	OPCIONAL	00 a 05

Elaboración: Propia

Anexo N° 8: Evaluación de criticidad de bomba vertical

		EVALUACION DE CRITI+A1:G28CIIDAD DE EQUIPOS			
UBICACIÓN	PTAP	AREA	EC1	EQUIPO	BOMBA VERITCAL N°01
ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES	
<b>1</b>	<b>EFFECTO SOBRE EL SERVICIO QUE PROPORCIONA</b>				
		PARA	4	que consecuencia tiene el equipos con respecto al sistema	
		REDUCE	2		
		NO PARA	0		
<b>2</b>	<b>VALOR TECNICO - ECONOMICO</b>				
	Considerar el costo de adquisicion, operación y Mantenimiento.	ALTO	3	Mas de S/. 5,000.00	
		MEDIO	2	Entre S/. 500.00 a S/. 5000.00	
		BAJO	1	Menos de S/. 500.00	
<b>3</b>	<b>LA FALLA AFECTA</b>				
	a. AL EQUIPO EN SI	SI	1	¿Deteriora otros componentes?	
		NO	0		
	b. AL SERVICIO	SI	1	¿origina problemas a otros equipos?	
		NO	0		
	c. AL OPERADOR	RIESGO	1	¿Posibilidad de accidente del operador?	
		SIN RIESGO	0		
	d. A LA SEGURIDAD EN GENERAL	SI	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos	
		NO	0		
<b>4</b>	<b>PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)</b>				
		ALTA	2	¿Se puede asegurar que el equipos va a trabajar correctamente cuando se le necesita?	
		BAJA	0		
<b>5</b>	<b>FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA:</b>				
		UNICO	2	No existe otro o similar	
		BY PASS	1	El sistema puede seguir funcionando	
		STAND BY	0	Existe otro igual o similaar no instalado	
<b>6</b>	<b>DEPENDENCIA LOGISTICA</b>				
		EXTRANJERO	2	Repuesto se tienen que importar	
		LOCAL / EXT.	1	Algunos repuesto se compran localmente	
		LOCAL	0	Los repuesto se consiguen localmente	
<b>7</b>	<b>DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA :</b>				
		TERCEROS	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros	
		PROPIA	0	El mantenimiento se realiza con personal propio	
<b>8</b>	<b>FACTIBILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)</b>				
		BAJA	1	Mantenimiento dificil	
		ALTA	0	Mantenimiento facil	

<b>8</b>	<b>SUMA DE PONDERACION</b>		<b>11</b>
<b>9</b>	<b>ESCALA DE REFERENCIA</b>		
	<b>A</b>	<b>CRITICA</b>	16 a 20
	<b>B</b>	<b>IMPORTANTE</b>	11 a 15
	<b>C</b>	<b>REGULAR</b>	06 a 10
	<b>D</b>	<b>OPCIONAL</b>	00 a 05

Elaboración: Propia

Anexo N° 9: Fichas técnicas del transformador y bombas

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		
PLACA DE DATOS			
<b>BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.</b>			
	TIPO	TOAKWD	N° L14273
<b>TRANSFORMADOR</b>		ALTA TENSION	BAJA TENSION
POTENCIA	800 KVA	TENSION	10,000 V. 460 V.
FREC.	60 HZ - 3 FASES	INTENSIDAD	46.19 A 1004.1 A
TENSION C.C.	5.20%	NIVEL AISLM	28 KV 2.5 KV
GRUPO.	Yd 11	CONEXIÓN	Y Δ
ENFRIAMIENTO.	ON / AN	BORNES	U V W u v w
PESO	883 Kg.		
PESO TOTAL	2958 Kg.	CONMUTADOR DE TOMAS	RELACION DE TRANSFORMACION EN VACIO
NORMA	ITINTEC 370000	POS 1	10,500 V. 460 V.
ALTITUD	4000 m.s.n.m	POS 2	10,250 V. 460 V.
AÑO DE FAB.	1979	POS 3	10,000 V. 460 V.
RNM	37-06-12	POS 4	9,750 V. 460 V.
		POS 5	9,500 V. 460 V.
T45292		<b>ANTES DE OPERAR EL CONMUTADOR DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED</b>	
FECHA : 13-08-1979			
O.F. N° 15-09-060			
INDUSTRIA PERUANA R.I. 15-00653-C			
INVENTARIO ELECTRO PUNO 010730			
FECHAS			
FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-
COSTO			
COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		
DATOS DE CONDICION			
EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes
COMPONENTES			
NOMBRE:	PROEEVOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

DATOS TECNICOS			
<b>CODIGO</b>	EI2-ME(1,2,3,4)	<b>CAPACIDAD/VELO</b>	90 KW - 125 HP
<b>UBICACIÓN</b>	PTAP	<b>MARCA</b>	WEG
<b>NOMBRE DEL EQUIPOS</b>	MOTOR ELECTRICO	<b>MODELO</b>	TOAKWD
<b>FUNCION QUE REALIZA</b>	TRANSFORMAR EE-EM	<b>N° DE SERIE</b>	
<b>TAMAÑO</b>	1.00 X 0.70	<b>PROVEEDOR</b>	
<b>PESO</b>	716 Kg.	<b>TELEFONO</b>	-
<b>PARTE DEL PROCESO</b>	IMPULSION N° 2		

PLACA DE DATOS															
C E NBR 7094		<b>PROGEL NBR 7094</b> <small>REGLAMENTO - RED / 004                  RENDIMIENTO FACTOR DE POTENCIA                  APROBADO POR INMETRO</small>													
09OUT09 1005168196		COD. DE EQUIPO: <b>EI2-EM1</b>													
3 - Kw (HP - CV) : 90 (125)		VOL. 280S/M													
MOTOR INDUCCAO - GALOLA INDUCT MOTOR SOURRET CABE		FS SF : 1.00 Hz : 60													
VOL : 220 / 380 / 440		AMP : 292 / 169 / 146													
RPM : 1785		LA/LN LP/LN : 9.5 F.P : 0.86													
REG DUTY : S1		REND NOM EFE : 94.1 AMB : 25°C													
ASL : F AL : 95 k		CAT DES : N LFS SFA :													
IP 55		Ah : 4000 m.s.n.m. PESO : 716 Kg.													
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">220 V</td> <td style="text-align: center;">380 V</td> <td style="text-align: center;">440 V</td> <td style="text-align: center;">ONLY / STAR</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">L1 L2 L3 △△</td> <td style="text-align: center;">L1 L2 L3 YY</td> <td style="text-align: center;">L1 L2 L3 △</td> <td style="text-align: center;">L1 L2 L3</td> </tr> </table>				220 V	380 V	440 V	ONLY / STAR					L1 L2 L3 △△	L1 L2 L3 YY	L1 L2 L3 △	L1 L2 L3
220 V	380 V	440 V	ONLY / STAR												
L1 L2 L3 △△	L1 L2 L3 YY	L1 L2 L3 △	L1 L2 L3												
<table border="0"> <tr> <td></td> <td>⇒ 6315 - C3 (34 g.) MOBIL POLYREX - EM</td> </tr> <tr> <td></td> <td>⇒ 6315 - C3 (34 g.) 20,000 h.</td> </tr> </table>					⇒ 6315 - C3 (34 g.) MOBIL POLYREX - EM		⇒ 6315 - C3 (34 g.) 20,000 h.								
	⇒ 6315 - C3 (34 g.) MOBIL POLYREX - EM														
	⇒ 6315 - C3 (34 g.) 20,000 h.														

FECHAS			
<b>FECHA DE FABRICAION</b>	1978-1989	<b>FECHA DE INSTALCION</b>	13/08/1979
		<b>FECHA DE ULT. ACTUALIZACION</b>	-

COSTO			
<b>COSTO ORIGINAL</b>	30,000	<b>COSTO DE REPOSICION</b>	30,000
<b>COSTO ACTUAL</b>	10,000		

DATOS DE CONDICION			
<b>EFFECTIVIDAD ACTUAL :</b>	80%	<b>IMPORTANCIA CRITICA</b>	100%
<b>ESTADO DEL EQUIPO</b>	75%	<b>RESPONSABLE DIRECTO:</b>	Felipe Paredes

COMPONENTES			
<b>NOMBRE:</b>	<b>PROEEVOR NACIONAL</b>	<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>COSTO</b>
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		

PLACA DE DATOS

TIPO : B280S/M4/ED/ER		N° : 180412 / 4002		NORMA : IEC	
HP/KW : 150 / 110	△△	YY	△	IP : 55	
Hz :	RPM :	V : 220	V : 380	V : 440	CAT
50	1800 +-5				FS : 1.5
60	1770	A : 346	A : 199.7	A : 173	FS : 1.0
AISL CLASE: F			Lo/Ln = 7.4	SERVICIO = S1	
COMPONENTE	INTER. LUB :	QT GRASA :	TIPO DE GRASA :		
DELANTERO : 6316 -C3	9200 Hr.	40 g.	POLYREX EM		
POSTERIOR : 6316 -C3	9200 Hr.	40 g.	PESO : 636 Kg.		

220 V

△△

380 V

YY

440 V

△

ONLY / STAR

FECHAS

FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-

COSTO

COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		

DATOS DE CONDICION

EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes

COMPONENTES

NOMBRE:	PROEVEDOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		

**PLACA DE DATOS**

**BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.**

TIPO  N°

**TRANSFORMADOR**

POTENCIA	800 KVA
FREC.	60 HZ - 3 FASES
TENSION C.C.	5.20%
GRUPO.	Yd 11
ENFRIAMIENTO.	ON / AN
PESO	883 Kg.
PESO TOTAL	2958 Kg.
NORMA	ITINTEC 370000
ALTITUD	4000 m.s.n.m
AÑO DE FAB.	1979
RNM	37-06-12

	ALTA TENSION	BAJA TENSION
TENSION	10,000 V.	460 V.
INTENSIDAD	46.19 A	1004.1 A
NIVEL AISLM	28 KV	2.5 KV
CONEXIÓN	Y	Δ
BORNES	U V W	u v w

CONMUTADO R DE TOMAS	RELACION DE TRANSFORMACION EN VACIO	
POS 1	10,500 V.	460 V.
POS2	10,250 V.	460 V.
POS 3	10,000 V.	460 V.
POS 4	9,750 V.	460 V.
POS 5	9,500 V.	460 V.

**ANTES DE OPERAR EL CONMUTADOR  
DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED**

T45292
FECHA : 13-08-1979
O.F. N° 15-09-060
INDUSTRIA PERUANA R.I. 15-00653-C
INVENTARIO ELECTRO PUNO 010730

**FECHAS**

FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-

**COSTO**

COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		

**DATOS DE CONDICION**

EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes

**COMPONENTES**

NOMBRE:	PROEEVOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

**Elaboración: Propia**

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		
PLACA DE DATOS			
BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.			
	TIPO	TOAKWD	N° L14273
TRANSFORMADOR		ALTA TENSION	BAJA TENSION
POTENCIA	800 KVA	TENSION	10,000 V. / 460 V.
FREC.	60 HZ - 3 FASES	INTENSIDAD	46.19 A / 1004.1 A
TENSION C.C.	5.20%	NIVEL AISLM	28 KV / 2.5 KV
GRUPO.	Yd 11	CONEXIÓN	Y / Δ
ENFRIAMIENTO.	ON / AN	BORNES	U V W / u v w
PESO	883 Kg.		
PESO TOTAL	2958 Kg.	CONMUTADOR DE TOMAS	RELACION DE TRANSFORMACION EN VACIO
NORMA	ITINTEC 370000	POS 1	10,500 V. / 460 V.
ALTITUD	4000 m.s.n.m	POS 2	10,250 V. / 460 V.
AÑO DE FAB.	1979	POS 3	10,000 V. / 460 V.
RNM	37-06-12	POS 4	9,750 V. / 460 V.
		POS 5	9,500 V. / 460 V.
T45292		ANTES DE OPERAR EL CONMUTADOR DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED	
FECHA : 13-08-1979			
O.F. N° 15-09-060			
INDUSTRIA PERUANA R.I. 15-00653-C			
INVENTARIO ELECTRO PUNO 010730			
FECHAS			
FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-
COSTO			
COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		
DATOS DE CONDICION			
EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes
COMPONENTES			
NOMBRE:	PROEEVOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		
PLACA DE DATOS			
BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.			
	TIPO	TOAKWD	N° L14273
TRANSFORMADOR		ALTA TENSION	BAJA TENSION
POTENCIA	800 KVA	TENSION	10,000 V. 460 V.
FREC.	60 HZ - 3 FASES	INTENSIDAD	46.19 A 1004.1 A
TENSION C.C.	5.20%	NIVEL AISLM	28 KV 2.5 KV
GRUPO.	Yd 11	CONEXIÓN	Y Δ
ENFRIAMIENTO.	ON / AN	BORNES	U V W u v w
PESO	883 Kg.		
PESO TOTAL	2958 Kg.	CONMUTADO R DE TOMAS	RELCION DE TRANSFORMACION EN VACIO
NORMA	ITINTEC 370000	POS 1	10,500 V. 460 V.
ALTITUD	4000 m.s.n.m	POS2	10,250 V. 460 V.
AÑO DE FAB.	1979	POS 3	10,000 V. 460 V.
RNM	37-06-12	POS 4	9,750 V. 460 V.
		POS 5	9,500 V. 460 V.
T45292		ANTES DE OPERAR EL CONMUTADOR DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED	
FECHA : 13-08-1979			
O.F. N° 15-09-060			
INDUSTRIA PERUANA R.I. 15-00653-C			
INVENTARIO ELECTRO PUNO 010730			
FECHAS			
FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-
COSTO			
COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		
DATOS DE CONDICION			
EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes
COMPONENTES			
NOMBRE:	PROEEVOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

DATOS TECNICOS			
CODIGO	CF1-TT1	CAPACIDAD/VELO	800 KVA
UBICACIÓN	PTAP	MARCA	BROWN BOVERI IND.
NOMBRE DEL EQUIPOS	TRANSFORMADOR	MODELO	TOAKWD
FUNCION QUE REALIZA	REDUCCION DE VOLATJE	N° DE SERIE	L14273
TAMAÑO	1.80 X 1.50	PROVEEDOR	CANEPA TABINI S.A.
PESO	2958 Kg.	TELEFONO	-
PARTE DEL PROCESO	CASA DE FUERZA		
PLACA DE DATOS			
BROWN BOVERI INDUSTRIAL CANEPA TABINI S.A.			
	TIPO	TOAKWD	N° L14273
TRANSFORMADOR		ALTA TENSION	BAJA TENSION
POTENCIA	800 KVA	TENSION	10,000 V. 460 V.
FREC.	60 HZ - 3 FASES	INTENSIDAD	46.19 A 1004.1 A
TENSION C.C.	5.20%	NIVEL AISLM	28 KV 2.5 KV
GRUPO.	Yd 11	CONEXIÓN	Y Δ
ENFRIAMIENTO.	ON / AN	BORNES	U V W u v w
PESO	883 Kg.	CONMUTADO	RELCION DE TRANSFORMACION
PESO TOTAL	2958 Kg.	R DE TOMAS	EN VACIO
NORMA	ITINTEC 370000	POS 1	10,500 V. 460 V.
ALTITUD	4000 m.s.n.m	POS2	10,250 V. 460 V.
AÑO DE FAB.	1979	POS 3	10,000 V. 460 V.
RNM	37-06-12	POS 4	9,750 V. 460 V.
T45292		POS 5	9,500 V. 460 V.
FECHA : 13-08-1979		ANTES DE OPERAR EL CONMUTADOR DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED	
O.F. N° 15-09-060			
INDUSTRIA PERUANA R.I. 15-00653-C			
INVENTARIO ELECTRO PUNO 010730			
FECHAS			
FECHA DE FABRICAION	1978-1989	FECHA DE INSTALCION	13/08/1979
		FECHA DE ULT. ACTUALIZACION	-
COSTO			
COSTO ORIGINAL	30,000	COSTO DE REPOSICION	30,000
COSTO ACTUAL	10,000		
DATOS DE CONDICION			
EFFECTIVIDAD ACTUAL :	80%	IMPORTANCIA CRITICA	100%
ESTADO DEL EQUIPO	75%	RESPONSABLE DIRECTO:	Felipe Paredes
COMPONENTES			
NOMBRE:	PROEEVOR NACIONAL	CARACTERISTICAS	COSTO
Aisladores	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
aceite dielectrico	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-
bobinas	OPERANDINA	capacidad de 800 KVA	-

Elaboración: Propia

*Anexo N° 10: Plan de mantenimiento PTAP*

		<b>PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO DE SEDA JULIACA</b>			
		<b>PROYECTO</b>	<b>PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO</b>		
<b>FECHA</b>	01/01/2017	<b>CÓDIGO</b>	PTAP-01	<b>SECTOR</b>	Mantenimiento y operaciones

**PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO 2017 DE  
LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA  
POTABLE DE JULIACA**

A	01/01/2017	Para Revisión
<b>REVISIÓN</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>

**CONTENIDO**



**1 Contenido**

<b>2</b>	<b><u>RESUMEN EJECUTIVO.....</u></b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN .....</u></b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b><u>OBJETO.....</u></b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b><u>ESTRUCTURA DEL PAM-.....</u></b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b><u>GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL PAM.....</u></b>	<b>5</b>
6.1	Estándares de mantenimiento y su programación .....	5
<b>7</b>	<b><u>EMISIÓN DE INFORMES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....</u></b>	<b>6</b>
7.1	Archivo de bitácoras de Mantenimiento Preventivo de equipos.....	6
<b>8</b>	<b><u>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL LADO TIERRA .....</u></b>	<b>6</b>
8.1	Mantenimiento Preventivo de la infraestructura .....	6
8.2	Mantenimiento Preventivo del equipamiento.....	7
<b>9</b>	<b><u>ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO DE LA PTAP7</u></b>	
9.1	Sistemas captación.....	7
9.2	Sistema Eléctrico .....	10
9.3	Sistema sanitario (agua potable y tratamiento de efluentes) .....	12
9.4	Mobiliario de oficinas y aeropuerto .....	13
9.5	Vehículos .....	13
9.6	Equipos de Informática & comunicaciones..... <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
9.7	Equipos para operaciones y mantenimiento aeroportuario .....	19
9.8	Infraestructura .....	21
9.9	Limpieza.....	22



<b>10</b>	<b><u>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES</u></b> .....	<b>23</b>
10.1	Generalidades.....	23
10.2	Cronograma Mensual de Mantenimiento Preventivo Rutinario .....	23
10.3	Procedimiento administrativo para la ejecución del PMR .....	23
<b>11</b>	<b><u>RESUMEN Y CONCLUSIONES</u></b> .....	<b>24</b>
<b>12</b>	<b><u>LISTA DE ANEXOS</u></b> .....	<b>24</b>



## 2 RESUMEN EJECUTIVO

El presente Plan Anual de Mantenimiento como parte del proyecto de tesis de la planta de tratamiento de agua potable, que es parte del Plan Anual de Mantenimiento, incluye las actividades de mantenimiento a realizarse durante el 2017 y se dividen en actividades rutinarias para equipos, sistemas e infraestructura existente de la planta de tratamient. Las actividades se califican como rutinarias con periodicidad mensual, bimestral, trimestral, semestral y anual.

## 3 INTRODUCCIÓN

La EPS SEDA JULIACA S.A. es una empresa de tratamiento empresarial de derecho privado, constituida como Sociedad Anónima, a cargo del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Sus servicios son de necesidad y utilidad pública y de preferente interés social.

- Creación de la EPS. - Decreto Supremo N° 006-91-PCM.
- Reconocimiento como EPS pos SUNASS - Resolución de Superintendencia N° 018-95-PRES.
- Ley General de Servicios de Saneamiento, Ley 26338, Decreto Supremo N°023-2005-VIVIENDA.
- Ley Orgánica de Municipalidades N° 27972.
- Ley General de Sociedades N° 26887.
- Ley General de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento N° 26284 y su Reglamento D.S. N° 24-94-PRES.

Como parte de la investigación de mantenimiento centrado en la confiabilidad, se presenta el Plan Anual de Mantenimiento para la PTAP según a uno de los objetivos de investigación del proyecto de tesis.

## 4 OBJETO

El presente documento tiene como objeto presentar el Plan Anual de Mantenimiento del La planta de tratamiento de agua potable

Este PAM mostrará las actividades a realizarse a partir del 1 de enero del 2017 hasta el 31 de diciembre del 2017 de las diferentes estaciones de bombeo, captación, tratamiento, los cuales tienen relación directa con la relación de equipos vistos en proceso de investigación, los



programas de mantenimiento implementados ya sea por recomendación del proveedor del equipo o por práctica y necesidad de la administración de Seda Juliaca S.A.

## 5 ESTRUCTURA DEL PAM-

Las actividades de mantenimiento en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP), en las actividades de mantenimiento preventivo rutinario (MPR), mantenimiento preventivo periódico (MPP), y mantenimiento correctivo (MC).

Se entiende que los MC son actividades de emergencia y el trabajo de la Gerencia de Operaciones (GOP) es minimizar estos MCs mediante la efectiva aplicación de este PAM, del PMR y del PMP. Planteadas con trabajo de investigación.

## 6 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL PAM

### 6.1 Estándares de mantenimiento y su programación

Las tareas de Mantenimiento necesarias para conservar los componentes que conforman y se subdividen en tareas de:

#### **Mantenimiento Preventivo:**

Labor programada de mantenimiento llevada a cabo para evitar fallas de la Infraestructura de la PTAP o una reducción de la eficiencia de la misma, puede ser rutinario o periódico.

Mantenimiento Preventivo Rutinario, se efectúa repetidamente dentro de los diferentes ejercicios anuales con el propósito de garantizar la confiabilidad y efectividad de la Infraestructura de la PTAP, tal como fue diseñada a efectos de atender adecuadamente el suministro agua a la población de Juliaca. La programación de este mantenimiento está indicada en el PMR.

Mantenimiento Preventivo Periódico, aquellas actividades que se realizan en periodos mayores de un año y que normalmente implican elevados montos de mantenimiento. Su periodicidad debe contemplarse en el Programa de Mantenimiento y puede estar en algún caso sujeta a la producción de agua y carga de la planta, o cuando se requiera por erosión o cualquier otro factor ocasionado por el paso del tiempo. La programación de este mantenimiento está indicada en el PMP.

#### **Mantenimiento Correctivo:**

Son las labores de mantenimiento llevadas a cabo con el objeto de corregir inmediatamente cualquier falla o imperfección imprevista en la infraestructura aeroportuaria que atente contra la seguridad operacional de la PTAP



La gestión del mantenimiento de la PTAP, se basa a la recopilación de datos de fallas de equipos y alcances de la investigación realizada en la PTAP

## **7 EMISIÓN DE INFORMES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Como parte de los Informes a emitir mensualmente, se deberá claramente identificar el mantenimiento ejecutado por PMP y PMR; en específico.

### **7.1 Archivo de bitácoras de Mantenimiento Preventivo de equipos**

Es necesario que en la sede se tenga una file por cada vehículo y equipamiento de la concesión dentro del cual se debe archivar:

- Registro de mantenimientos realizados según PMR que deben contar con actas de conformidades e informe técnico de la persona que realizó el mantenimiento indicando las tareas realizadas en cada mantenimiento.

Esto debe ser archivado a manera de bitácoras y normalmente es solicitado por el concedente u organismo supervisor en cada inspección.

## **8 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÍNIMAS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA PTAP**

Las especificaciones mínimas para trabajos de mantenimiento se basan en:

- Normas y métodos recomendados por DGE
- Reglamento Nacional de Edificaciones; Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Normas, manuales y especificaciones del fabricante.
- Ley Nro. 29783 y su Reglamento, Ley de seguridad y salud en el trabajo.
- Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

### **8.1 Mantenimiento Preventivo de la infraestructura**

Según la propuesta de investigación se debe considerar en general, las superficies internas y externas de los edificios de la PTAP, El grado de calidad de mantenimiento y limpieza que serán requisitos mínimos obligatorios incluye, pero no será limitado a las siguientes características:

- Los colores de la pintura de las paredes internas y externas públicas mantendrán su apariencia original
- Las ventanas y puertas de vidrio se mantendrán su apariencia y funcionalidad
- Todas las lámparas y rótulos iluminados serán mantenidos en buen estado y completa funcionalidad y máximas condiciones de calidad



- Todos los sistemas de los edificios de la PTAP incluyendo: los sistemas de bombeo, sistemas eléctricos, sistemas mecánicos, , sistemas de telecomunicaciones, sistema de seguridad y vigilancia, sistema de alarma de incendios, , sistemas de computadoras, sistemas de administración del edificio, todo vehículo de soporte terrestre y todo otro equipo necesario para las operaciones de la PTAP serán mantenidos de acuerdo a las recomendaciones de los programas de mantenimiento preventivo de los fabricantes.
- Pisos alfombrados recibirán una limpieza de champú dos veces por semana, por lo menos, y en conformidad con las recomendaciones de los fabricantes, para mantener su apariencia limpia e higiénica
- Pisos de superficie rígida, terrazo, y cerámica, será limpiado y lustrado, de conformidad a las recomendaciones de los distribuidores, instaladores y fabricantes, por lo menos cada 12 horas, para mantener su apariencia limpia e higiénica
- Mostradores, barandas y la mueblería en general se mantendrá en un estado de apariencia, funcionalidad y seguridad
- Las paredes y barreras temporales que separan las zonas de construcción del público y serán construidas para asegurar la alta seguridad y salud, pintadas y mantenidas con una apariencia de pared permanente
- Todas las áreas de jardinería internas y externas de los edificios y todas las zonas de la PTAP de los mismos, se mantendrán en alto estado de mantenimiento y limpieza.

**8.2 Mantenimiento Preventivo del equipamiento**

La periodicidad de estos mantenimientos será considerando primeramente los manuales propios del fabricante.

En general se debe verificar e informar sobre las actividades realizadas durante el mantenimiento y las recomendaciones a tomar en cuenta.

**9 ACTIVIDADES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO RUTINARIO DE LA PTAP**

**9.1 Sistemas captación, impulsión**

**1) Sistemas de captación, impulsión**

CAPTACION	EC1-BH1	EC2-BH2	EC3-BH3	EC4-BV4	EC5-BH5
	EC1-ME1	EC2-ME2	EC3-ME3	EC4-ME4	EC5-ME5
	EC1-TC1	EC2-TC2	EC3-TC3	EC4-TC4	EC5-TC5



IMPULSION	EI1-BH1	EI2-BH2	EI3-BH3	EI4-BV4	EI5-BH5
	EI1-ME1	EI2-ME2	EI3-ME3	EI4-ME4	EI5-ME5
	EI1-TC1	EI2-TC2	EI3-TC3	EI4-TC4	EI5-TC5

Procedimientos:

**MOTOR ELECTRICO**

- Desenergizar el motor eléctrico
- Limpieza general (compartimiento de los anillos rasantes y/o escobillas)
- Limpieza e inspección de los devanados (reimpregnacion, resistencia de asilamiento)
- Mantenimiento del sistema de refrigeración.
- Mantenimiento de los radiadores
- Verificación de vibraciones (equipo análisis de vibraciones)
- Adecuación de las escobillas a las condiciones de carga.
- Mantenimiento de los cojinetes (rodamientos a grasa y/o rodamientos a aceite) seguir las instrucciones para lubricación, procedimiento para la re lubricación de los rodamientos, reutilización de los rodamientos con dispositivo de cajón para remoción de la grasa, tipo y cantidad de grasa, grasas alternativas, procedimiento para cambio de grasa, desmontaje de cojinetes, montaje de los cojinetes
- En caso el rodamiento presente daños sustituir los rodamientos.
- Verificar el deslizamiento y ajuste de rodamientos
- Verificar el alineamiento del motor con la bomba (alineador laser de ejes )

**BOMBA HIDRAULICA**

Procedimientos:

- Retirar los tubos de extensión de entrada y salida de grasa.
- Limpiar cojinete
- Revisar anillo de fijación interior
- Revisar fieltro blanco
- Revisar tornillo de fijación de los anillos
- Revisar tornillo de fijación del disco
- Revisar anillo de fijación exterior
- Revisar anillo con laberinto
- Revisar tornillo de fijación del centrifugador
- Verificar el estado del impulsión
- Revisar centrifugador de grasa



- Revisar cajos para salida de la grasa
- Revisar rodamiento
- Revisar engrasadora
- Revisar protector térmico
- Revisar disco de cierre exterior
- Verificar el alineamiento de eje de bomba, acople mecánico y eje de motor eléctrico

#### TABLERO DE CONTROL

- Identificar las fases de los cables de alimentación.
- Medir voltajes, corrientes, temperaturas y resistencia de puesta a tierra.
- Verificar si es factible desenergizar el tablero antes de su mantenimiento.
- Verificar que los cables conductores de tierra estén bien asegurados, correctamente conectados y que exista continuidad eléctrica entre los cables y la estructura del tablero.
- Verificar que las características físicas del tablero corresponden a lo reportado en el diagrama unifilar.
- Observar que no existan daños visibles o piezas flojas, si existen piezas flojas reajustar adecuadamente (Tornillería en interruptores o barrajes).
- Verificar que no exista calentamiento anormal de los conductores de acometida.
- Si hay elementos de potencia para conmutación (contactores para arranque de motores) desarmarlos y ver el estado de los platinos (contactos) así como limpiar el núcleo de la bobina de accionamiento, nunca lijar ni platinos ni núcleo, si los platinos están gastados es mejor cambiar el componente o los platinos.
- Limpiar el tablero con una aspiradora o una brocha.
- Revisar y hacer mantenimiento a todos los interruptores termomagnéticos.
- Peinar todos los cables del tablero.
- Verificar la hermetización del tablero.
- Verificar la hermetización de los transformadores de corriente.
- Llenar los directorios de circuitos y leyendas.
- Pegar las señales de peligro y seguridad.
- Si se presenta ventilación forzada verificar que los abanicos giren libremente.
- Retocar pintura de las puertas del tablero si es necesario.
- Energizar el tablero y verificar el perfecto funcionamiento de este.
- Conformidad del trabajo realizado por el personal de mantenimiento de la planta



**9.2 Sistema Eléctrico**

**1) Alimentación Eléctrica Principal**

Procedimientos:

- Medición de nivel de aislamiento en transformador
- Medición de nivel de aislamiento de la línea de media tensión.
- Medición de Puesta a Tierra
- Evaluación de seccionamiento
- Evaluación de estado de aisladores
- Revisión de nivel de aceite, arnados y pintura de los transformadores.
- Medición y revisión de aislamiento de trafomix y verificación del nivel de aceite.
- Análisis dieléctrico del aceite del transformador.
- Medición de niveles de aislamiento de cables de acometida.
- Evaluación del estado de aisladores, seccionador e interruptores (Pruebas mecánicas)
- Limpieza de tableros de fuerza en la subestación.
- Limpieza general

**2) Grupos electrógenos mayores a 40 KW**

JULIACA	GEP - JUL
PUERTO MALDONADO	GEP - PEM
TACNA	GEP - TCQ

Procedimientos:

**Motor**

- Cambio de filtros (aire, aceite y combustible) y de lubricante.
- Revisión de niveles, agua, aceite, combustible
- Revisión de la carga de la batería
- Limpieza y chequeo del motor en general

**Alternador**

- Limpieza con solvente dieléctricos en zonas electrodinámica
- Ajuste de contactos eléctricos
- Verificación física del generador
- Verificación de los rangos de carga, durante el arranque del grupo.
- De acuerdo al estado, se realizara el cambio de correas del alternador.



- Se medirá la resistencia del aislamiento a tierra de los devanados, la resistencia óhmica que ofrece la carcasa de la maquina respecto a tierra.
- Limpieza de los contactos y cables de conexión de la batería.

### 3) Iluminación interior y exterior

Descripción del Mantenimiento:

- Revisión de tableros eléctricos, que consiste en detectar posibles zonas sulfatadas, cuchillas térmicas dañadas, cables secos.
- Revisión y limpieza de contactores en conexiones de luminarias
- Revisión y cambio de arrancadores
- Revisión y cambio de balastos (inoperativos)
- Revisión y cambio de luminarias (Inoperativas)
- Prueba de continuidad con multitester

### 4) Sistemas de puesta a tierra (condicional a la medición con equipo teluro metro)

Procedimientos:

Medición de resistencia de pozo a tierra con teluro metro, dependiendo los resultados se procederá con los siguientes mantenimientos.

Medidas entre 5 y 14  $\Omega$

- Limpieza y lijado de conector.
- Llenado de agua (100 litros o 05 baldes)
- Esperar la filtración del agua por un tiempo de dos horas y efectuar la medición de la resistencia del pozo de puesta a tierra, utilizando un telurómetro y tomar registro de la medida obtenida.
- Reconexión del conductor con la varilla de tierra y ajuste del conector.
- Pintado con pintura amarilla de símbolo de pozo de puesta a tierra en tapa de caja de registro

Medida mayor a 15  $\Omega$

- Desmontar la caja de registro.
- Excavación de Pozo a 1.0 mt de profundidad.
- Verter una dosis química de gel disuelto en agua y dejar reposar hasta que sea totalmente absorbida.
- Lijado de varilla de cobre y conductor.
- Reposición e instalación de los componentes del pozo:
  - En caso de que el conector del electrodo se encuentre deteriorado deberá ser reemplazado por uno nuevo



- En el caso de que exista varilla de copperweld, este será reemplazado por una varilla de cobre electrolítico.
- Rellenar con nueva tierra de cultivo cernida y combinada con bentonita por capas de 25 cm y compactarlo con el pisón.
- Verter una dosis química de gel disuelto en agua y dejar reposar hasta que sea totalmente absorbida.
- Proceder a medir la resistencia del pozo. Si el valor obtenido no es conforme a la tolerancia de + 0.5 ohm; procederá a reparar el pozo, según lo requiera el sistema o el equipo
- Montar la caja de registro y pintar con pintura amarilla
- Montaje de conector nuevo.
- Efectuar la conexión eléctrica del electrodo.
- Llenado y firmado del protocolo de medición de la resistencia del pozo de puesta a tierra por el profesional de la especialidad.

#### 5) Análisis de redes

- Verificación de funcionamiento del equipo.
- Conexión de equipo a red eléctrica
- Medición de tensiones, corrientes, potencias y perturbaciones armónicas.

### 9.3 Sistema sanitario (agua potable y tratamiento de efluentes)

#### 1) Desinfección de cisternas y tanques elevados

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Retirar el agua, mediante bombeo en el caso de cisternas, o abriendo la llave de desfogue en los reservorios apoyados o elevados, dejando una cierta cantidad de agua que permita lavar con escobilla.
- Limpiar minuciosamente las paredes, techo y el fondo del reservorio, extrayendo todo el lodo sedimentado que pudiera existir, enjuagar una o más veces, asegurando la eliminación de todo residuo visible.
- Ingresar agua hasta 20-30cm de altura, lavar refregando las paredes y el fondo con una solución de compuesto clorado que contenga 50 ppm. de cloro libre, utilizando un cepillo o rociando el desinfectante mediante una bomba de mano, dejando actuar el agua con cloro por lo menos tres horas.
- Eliminar el agua clorada, luego agregar 30cm de agua y dejar escurrir por 5 minutos.

#### 2) Sistema de distribución y conexiones

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:



- Después de realizar la desinfección de la cisterna, tanques elevados y reservorios con cloro se deja escurrir el agua que contiene la solución de compuesto clorado.
- Al dejar escurrir el agua esta solución pasará por las tuberías de distribución y conexiones logrando así la desinfección de las mismas así como su limpieza, pudiendo así aprovechar la desinfección de las cisternas o tanques elevados para la limpieza de las tuberías.

#### 9.4 *Mobiliario de oficinas y aeropuerto*

##### 1) **Butacas, coches portaequipajes, contenedores y cestos de basura, muebles de oficina (escritorios, estantes, sillas, etc.)**

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Realizar la revisión físicamente en las áreas de trabajo del mobiliario.
- De acuerdo a la revisión se realiza la limpieza así como la refacción y/o mantenimiento del mobiliario para que se mantengan en óptimas condiciones.

##### 2) **Counters (Check in, salas, comerciales, mostradores – migraciones)**

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Se realiza la revisión del mobiliario así como de las bisagras, jaladores, etc para continuar con la limpieza así como la refacción y/o mantenimiento
- Se culmina con la aplicación de cera de limpieza.

##### 3) **Ventiladores**

Procedimientos:

- Antes de iniciar los trabajos se deberán desenergizar los equipos que serán intervenidos.
- Desmontar ventilador.
- Se deberá realizar la limpieza tanto interna como externa, retirando todos los residuos. Recordar que se debe tener cuidado en no dañar las aletas y la bobina.
- Limpieza de contactores con WID40.
- Montaje y ajuste de pernos.
- Verificación de funcionamiento.

#### 9.5 *Vehículos*

##### 1) **Camionetas, camión**

Según los manuales del fabricante (camioneta), los mantenimientos preventivos deben de ser:

- Inicial, a los 1000 km.
- Cada 5000 km.



Los puntos a verificar en el mantenimiento son:

- Aceite de motor.
- Empaque de tapón de cárter.
- Filtro de aceite de motor.
- Filtro de aire.
- Bujías
- Correa transmisora.
- Correa de distribución.
- Sistema de frenos.
- Sistema de embrague.
- Líquido de freno.
- Líquido de embrague.
- Filtro de combustible.
- Sedimentador de agua.
- Sistema de refrigeración.
- Sistema de emisores.
- Soportes/montantes.
- Carrocería.
- Sistema de dirección.
- Sistema de suspensión.
- Sistema de tren de fuerza.
- Sistema de escape.
- Sistema de luces.
- Neumáticos.
- Engrase de vehículo.
- Sistema de limpiaparabrisas.
- Sistema de claxon.
- Batería.

## 2) Mantenimiento de vehículos camión HIDROJET

Procedimientos:

### MOTOR

- Cambio de aceite



- Cambio de filtro de aceite
- Chequeo faja de ventilador
- Chequeo de alternador
- Chequeo de fajas del A/C
- Chequeo de fugas de aceite
- Chequeo Turbo Cargador

#### **TRANSMISION**

- Cambio de aceite
- Cambio de filtro de transmisión
- Chequeo Enfriador de Aceite
- Chequeo Seguridad de Neutro
- Chequeo Nivel de Aceite de divisor de Potencia
- Chequeo Cartucho de divisor de potencia

#### **CAJA DE TRANSFERENCIA**

- Chequeo nivel de aceite de caja
- Chequeo de fugas del multiplicador de fuerza

#### **ENTRADA DE AIRE**

- Cambio de filtro de aire
- Chequeo de periféricos

#### **SISTEMA DE AIRE**

- Chequeo de válvula de control de presión de compresor
- Cambio de filtro de compresor de aire
- Chequeo de líneas de aire
- Cambio de Secador de Aire
- Cheque de Tanques de Aire

#### **SISTEMA DE ENFRIAMIENTO**

- Chequeo de concentración de Refrigerante
- Chequeo de aletas de enfriamiento
- Chequeo de mangueras de radiador

#### **FRENOS**

- Chequeo válvula de control y parqueo
- Chequeo de zapatas de freno



- Revisan de Maxi break, levas y ejes
- Revisión del sistema ABS

#### **BOMBA DE ARRASTRE HALE**

- Prueba de vacío
- Chequeo de manómetro
- Chequeo válvula Prime

#### **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**

- Cambio de filtro de petróleo primario
- Cambio de filtro de petróleo secundario
- Chequeo de tanque de combustible
- Chequeo de línea de combustible

#### **SISTEMA DE DIRECCION**

- Cambio de cartucho de timón hidráulico
- Chequeo brazo de dirección
- Chequeo topes de dirección
- Chequeo bomba de dirección
- Chequeo caja de dirección
- Chequeo columna de dirección
- Chequeo alineamiento

#### **LLANTAS Y RUEDAS**

- Chequeo rodajes de rueda
- Chequeo desgaste de llantas
- Chequeo presión de llantas

#### **LINEA DE TRANSMISION**

- Engrase de cardanes y crucetas
- Ajuste de bridas

#### **EJES**

- Revisar nivel de aceite de diferenciales
- Chequeo de respiradero diferenciales

#### **SUSPENSION**

- Chequeo de amortiguadores
- Chequeo de muelles



- Chequeo de topes
- Inspección de bocinas

#### **SISTEMA DE ESCAPE**

- Chequeo tubo de escape
- Chequeo tubo flexible

#### **BOMBA DE AGUA WATEROUS**

- Inspección de sellos en bomba de agua waterous
- Chequeo válvula de tanque a bomba
- Revisión de aceite en la caja reductora

#### **CUERPO**

Chequeo de:

- Carrete de manguera
- Electroválvulas
- Manómetro
- pernos de montaje de carrete
- pitón dual de carrete
- válvulas de paso
- sistema de PQS
- cadena de carrete de manguera
- salidas estructurales
- torreta de parachoques
- torreta de techo
- irrigadores inferiores
- protector de parabrisas.
- Limpia parabrisas
- Luces delanteras, posteriores, de cabina, travesía, de emergencia, de nivel de agua de cabina, de nivel de agua lateral, nivel de espuma en cabina, nivel de espuma lateral, faros piratas posteriores, faros piratas laterales, faros piratas de puertas, luces de escalera, Luces posterior derecha, radio de transmisiones VHF AM y FM.

#### **SISTEMA ELECTRICO**

- Chequeo de bornes de batería
- Chequeo anclaje de alternador
- Chequeo soporte de batería



- Prueba de rendimiento en alternador
- Chequeo arrancador
- Chequeo baterías
- Chequeo de cableado
- Chequeo de sirena electrónica
- Chequeo de tablero de cabina
- Chequeo de manómetros de tablero de cabina
- Chequeo swicht de tablero lateral
- Chequeo terminales eléctricos
- Chequeo caja master
- Chequeo ventiladores
- Prueba del sistema A/C
- Chequeo del sistema de calefacción
- Chequeo de claxon eléctrico y de aire

#### CHASIS Y CARROCERIA

- Lavado y engrase

Inspección de:

- Asientos de cabina
- Tapiz de puertas
- Estado de carrocería
- Estado de chasis
- Chapas de compuertas
- Chapas de puertas
- Cinturón de seguridad
- Barandas.

#### 1) Equipos electrónicos (televisores, cámara digital, filmadora, marcador eléctrico para personal)

Descripción del Mantenimiento:

##### TELEVISORES

- Desconectar la alimentación eléctrica de los monitores.
- Desajustar los tornillos de la carcasa del equipo, para posterior a ello retirarla.



- Aplicar aire a presión seco, sopleteando a una distancia de 1.5 mts reduciendo la distancia conforme se va retirando los residuos impregnados en los circuitos electrónicos.
- Luego de retirar los residuos impregnados, proceder a aplicar una capa delgada de limpia contactos en Spray sobre los circuitos electrónicos. En el caso que los residuos se mantengan en la zona proceder a realizar la limpieza con el apoyo de una brocha tumi no mayor a 2" y con solvente dieléctrico.
- Esperar que el solvente y/o limpia contactos se evapore para proceder a cerrar las cubiertas.
- En los monitores, con un paño, suave y limpio retirar el polvillo que se encuentre acumulado en la pantalla.

#### CAMARA DIGITAL Y FILMADORA

- No desarmar la cámara.
- Verificar el estado de la batería, proceso de recarga.
- Verificar el estado de contactos de la batería en la cámara.
- Con un paño suave limpiar la lente y pantalla de la misma.
- Verificar puntos móviles.

#### MARCADOR ELECTRICO PARA PERSONAL

- Retirar marcador de la pared, verificar que las conexiones estén completas.
- Aplicar una capa delgada de limpia contactos en Spray sobre los circuitos electrónicos. En el caso que los residuos se mantengan en la zona proceder a realizar la limpieza con el apoyo de una brocha no mayor a 2" y con solvente dieléctrico.
- Esperar que el solvente y/o limpia contactos se evapore para proceder a cerrar las cubiertas.

### 9.6 Equipos para operaciones y mantenimiento aeroportuario

#### 1) Equipos de roce de vegetación (moto guadaña)

Descripción del Mantenimiento:

- Limpiar la máquina y el conjunto de corte
- Revisar el nivel de mezcla de combustible
- Revisar la cantidad de hilo de nailon
- Revisar el estado del cabezal.
- Cambio de filtro de Combustible
- Inspeccionar y limpiar el filtro de aire y bujía
- Inspeccionar el circuito de refrigeración



## 2) Grupo electrógeno móvil (mantenimiento)

Descripción del Mantenimiento:

Comprobaciones Eléctricas

- Controles eléctricos

Motor

- Cambio de filtros (aire, aceite y combustible).
- Revisión de niveles de aceite y combustible
- Revisión de la carga de la batería
- Limpieza y chequeo del motor en general
- De acuerdo al estado, se realizara el cambio de correas del motor.

Alternador

- Limpieza con solvente dieléctricos en zonas electrodinámica
- Ajuste de contactos eléctricos
- Verificación física del generador
- Verificación de los rangos de carga, durante el arranque del grupo.
- De acuerdo al estado, se realizara el cambio de correas del alternador.
- Limpieza de los contactos y cables de conexión de la batería.

## 3) Desatorador eléctrico

Descripción del Mantenimiento:

- Se deberá des energizar el equipo y descargar el mismo.
- Se limpiara mecánicamente los elementos electrónicos internos, aplicando una capa de disolvente dieléctrico.
- Limpieza de contactos.
- Se verificara electroimanes de motor eléctrico.
- Limpieza de placas de motor eléctrico.
- Ajuste de puntos.
- Prueba de funcionamiento y marcha.

## 4) Motobomba 4" con mangueras 300 ml.

Descripción del Mantenimiento:

- Cambio de filtros (aire, aceite y combustible) y de aceite lubricante.
- Revisión de niveles aceite, combustible
- Revisión de la carga de la batería



- Limpieza y chequeo del motor en general
- Controles eléctricos, de automatismo y seguridad
- Comprobación de los dispositivos de regulación eléctrica
- Verificación mecánica de válvulas de paso.

#### 5) Bomba sumergible para drenaje de buzones

Descripción del Mantenimiento:

- Se deberá desenergizar el equipo y descargar el mismo.
- Se limpiará mecánicamente los elementos electrónicos internos, aplicando una capa de disolvente dieléctrico.
- Limpieza de contactos.
- Se verificará electroimanes de motor eléctrico.
- Limpieza de placas de motor eléctrico.
- Ajuste de puntos.
- Prueba de funcionamiento y marcha.

### 9.7 Infraestructura

#### 1) Servicios Higiénicos (SSHH, Secador Eléctrico)

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Consiste en realizar la verificación de los servicios higiénicos ubicados en la planta
- Se debe verificar que los inodoros, lavatorios, máquinas secadoras estén en óptimas condiciones.
- Así mismo revisar que no hayan goteras en los caños, que el fluxómetro tenga la potencia adecuada y que no existan fugas de agua, que los espejos no estén rotos, que todos los inodoros cuenten con tapas y que los enchufes ubicados en el lugar funcionen.
- Siendo obligatorio que los servicios higiénicos siempre se encuentren limpios.

#### 2) Pintura de la planta, garita de ingreso y otras instalaciones (casetas, oficinas, instalaciones de mantenimiento)

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Se preparará la superficie realizando el lijado y de las zonas puntuales que necesiten mantenimiento.
- Si es necesario, se realizará el resane de las zonas,
- Posterior al lijado y/o resane se considera aplicar una mano de pintura.

#### 3) Servicios Generales (albañilería, cerrajería, carpintería, vidrios, tapicerías, cielo raso, etc.)



Consiste en la verificación de las superficies internas y externas de los edificios aeroportuarios debiendo cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Los colores de la pintura de las paredes internas y externas públicas se mantendrán en estado adecuado
- Las ventanas y puertas de vidrio mantendrán apariencia y funcionalidad adecuada, así también todas las chapas deben estar en buenas condiciones.
- Todas las lámparas y rótulos iluminados serán mantenidos en buen estado y completa funcionalidad.
- Pisos de superficie rígida, tales como terrazo, y cerámica, será limpiado y lustrado, de conformidad a las recomendaciones de los distribuidores, instaladores y fabricantes para mantener su apariencia limpia e higiénica
- Todas las áreas de jardinería internas y externas de los edificios de los Aeropuertos y todas las zonas del lado aire y lado tierra de los mismos, se mantendrán en alto estado de mantenimiento y limpieza.

#### 4) Cercos perimétricos (soldadura, pintura, albañilería)

Se realizará el mantenimiento en zonas puntuales siguiendo los lineamientos a continuación:

- Se deberá previamente lijar las superficies hasta quitar las cascarillas, óxido de laminación, gotas de soldadura, escoria, pintura o materiales extraños, si es necesario aplicar soldadura en las zonas en donde se necesite.
- Luego serán pintadas con 01 mano de pintura anticorrosiva y 02 manos de pintura epóxica.

#### 5) Señalización horizontal y vertical (trabajos menores)

Se realizará el retoque de la señalización horizontal de estacionamiento tanto en pavimento como veredas, en el caso de señalización vertical se considera los retoques de la pintura en postes, siguiendo los lineamientos a continuación:

- Se realizará la limpieza, en el caso de presentar desprendimiento de la pintura se retirará previamente antes de aplicar la pintura.
- Se aplicará una mano de pintura tráfico, se esperará el secado de la pintura para la apertura del tráfico.
- Al término realizar la limpieza de la zona de trabajo.

### 9.8 Limpieza

#### 1) Limpieza del área pública (barrido de pavimentos, veredas, estacionamiento)

- Inspeccionar y delimitar las zonas a trabajar.
- Retirar de los pavimentos, veredas, playa de estacionamiento, etc. basuras, piedras, sedimentos, vegetación y todo material extraño.



- Trasladar el material extraño de las zonas con carretillas al depósito de materiales excedentes, donde no afecte el medio ambiente.
- Inspeccionar visualmente que el pavimento, vereda, de estacionamiento, etc. haya quedado libre de materiales, piedras, basuras, etc.

## 2) Limpieza de cercos perimétricos

Se realizará el mantenimiento siguiendo los lineamientos a continuación:

- Inspeccionar previamente la zona a trabajar
- Se realizará la limpieza de las zonas adjuntas al cerco perimétrico, retirando basura y todo material extraño mediante el uso de escobas y bolsas de basura para la recolección, dichos residuos sólidos se trasladarán al bloque sanitario para su posterior eliminación.
- El supervisor de mantenimiento programará los trabajos de acuerdo a necesidad y considerará a programación de las zonas a trabajar.

## 10 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

### 10.1 Generalidades

Las actividades del mantenimiento correctivo por definición son inesperadas y pueden ser identificadas como producto de las inspecciones visuales y/o trabajos de mantenimiento preventivo.

Los trabajos de mantenimiento preventivo han de tener periodicidad mensual, trimestral, semestral o anual, según lo indicando La programación de mantenimientos 2017

### 10.2 Cronograma Mensual de Mantenimiento Preventivo Rutinario

El PMR ha de ser seguido según el cronograma presentado como adjunto al documento. Las fechas mostradas (resaltadas) en el cronograma son las fechas máximas en las que se tiene que realizar / reportar la actividad, pero éstas pueden ser realizadas con anterioridad si así se necesitase.

### 10.3 Procedimiento administrativo para la ejecución del PMR

Por lo general, todas las actividades de mantenimiento deben de seguir los siguientes pasos:

- Generar una Orden de Trabajo (OTM) por el Supervisor de Mantenimiento, aprobada por la gerencia de mantenimiento



- Se elevará la OTM a la Gerencia Operaciones para revisión de la parte técnica de la orden; dependiendo de la complejidad del trabajo esta se envía con SOLPED para servicios tercerizados o solo OTM para administración directa.
- Una vez enviada la SOLPED, LOGISTICA procede a solicitar propuestas a diversos proveedores previamente calificados y aprobados por Seda Juliaca
- Se procederá a emitir la Orden de Servicio u O/C correspondiente por parte de la LOGISTICA.
- Por cada mantenimiento se debe de tener un FILE (OTM+O/S + informe técnico + conformidad de servicio).
- Luego de culminados los trabajos se enviará el Acta de conformidad suscrita por el Supervisor y Gerente de mantenimiento de la sede adjuntando el Informe Técnico de Mantenimiento .

Es necesario que la OTM considere unidades de control (cantidades cuantificables: m, m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, unid.) para la contratación tomará para referencia las especificaciones del trabajo presentado en este PAM.

El proceso respectivo de contratación toma aproximadamente entre 10 a 20 días calendario por lo que se recomienda a la Gerencia de operaciones el planificar bien los mantenimientos rutinarios y su cumplimiento dentro de este cronograma para evitar demoras en el futuro.

De manera similar, la Administración de Aeropuerto tendrá que llevar un control adecuado de los materiales a usar en sus mantenimientos rutinarios (inventarios) y en lo posible tener repuestos disponibles para minimizar las demoras. Se deben de tener a los proveedores identificados, teléfonos de emergencia, y personal encargado de llevar los conteos y revisar los equipos y almacenes.

## **11 RESUMEN Y CONCLUSIONES**

El presente Plan Anual de Mantenimiento del la PTAP, que es parte del Plan Anual de Mantenimiento 2017, incluye las actividades de mantenimiento a realizarse durante el 2017 y se dividen en actividades rutinarias

## **12 LISTA DE ANEXOS**

01.- Cronograma 2017 de Actividades del programa de Mantenimiento Preventivo Rutinario



Código	Descripción	Periodicidad	Grupo	Color
ELEM	Camioneta	S.M.	Infraestructura	Blue
ELEM	Motocarga	S.M.	Infraestructura	Blue
ELEM	Vehículos Hidrojet 1	Semestral	Infraestructura	Orange
ELEM	Vehículos Hidrojet 2	Semestral	Infraestructura	Orange
SESP	<b>Equipos de Informática &amp; comunicaciones</b>			
SESP	Equipos electrónicos (televisores, cámara digital, firmadora, marcador eléctrico para personal, sistema de cobro del TUAU, licencias)	Anual	Electrónica	Yellow
ELEM	<b>Equipos para operaciones y mantenimiento</b>			
ELEM	Equipos de roce de vegetación (moto guadaña)	Semestral	Infraestructura	Orange
ELEM	Equipos para limpieza de derrames de combustible	Anual	Infraestructura	Yellow
ELEM	Maquina de soldar	Semestral	Infraestructura	Orange
ELEM	Grupo electrógeno móvil (Mantenimiento)	Semestral	Infraestructura	Orange
ELEM	Cortadora de disco para pavimento	Semestral	Infraestructura	Orange
ELEM	Desatorador eléctrico	Anual	Infraestructura	Yellow
ELEM	Motobomba 4" CON MANGUERA S 300 ML.	Anual	Infraestructura	Yellow
ELEM	Bomba sumergible para drenaje de buzones	Anual	Infraestructura	Yellow
ELEM	Reflectores	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	<b>Infraestructura</b>			
INFRA	Servicios Higiénicos	Trimestral	Electrónica	Green
INFRA	Mantenimiento de muros (Pintura)			
INFRA	Planta	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Garita ingreso	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Otras instalaciones (casetas, Oficinas, instalaciones de mantenimiento, etc )	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Servicios Generales (albañilería, Carpintería, vidrios, tapicería, cielo raso, etc.)	Cuatrimestral	Infraestructura	Yellow
INFRA	Cercos perimétricos (soldadura, pintura, albañilería)	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Estacionamiento y vías de acceso (postes, señalización)	Trimestral	Electrónica	Green
INFRA	<b>Mantenimiento de pavimentos</b>			
INFRA	Paya de estacionamiento y vías de acceso (incluye veredas)	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Caminos perimetrales (Trabajos menores)	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	Señalización horizontal y vertical (Trabajos menores)	Semestral	Infraestructura	Orange
INFRA	<b>Limpieza</b>			
INFRA	Limpieza del área pública (barrido de pavimentos, veredas, estacionamiento)	Mensual	Infraestructura	Pink
INFRA	Limpieza de cercos perimétricos	Mensual	Infraestructura	Pink

**Grupo**

- ELEM Electrónica
- SESP Sistemas Especiales
- INFRA Infraestructura

**Leyenda**

- Anual
- Trimestral
- Semestral
- bimensual
- Cuatrimestral
- Mensual
- Segun manual
- Segun # de horas
- Segun Necesidad (S.N.)
- Variado

Elaboración: Propia

Anexo N° 12: Matriz de consistencia

PROBLEMA DE INVESTIGACION	OBJETIVO DE LA INVESTIGACION	HIPOTESIS DE INVESTIGACION	VARIABLES DE ESTUDIO	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION
<p><u>Problema General</u></p> <p>¿Cómo influye en los costos de operación el estudio de eficiencia energética y del mantenimiento centrado en la confiabilidad para las estaciones de captación e impulsión de la EPS SEDAJULIACA S.A.?</p>	<p><u>Objetivo General</u></p> <p>Reducir los costos de operación y de mantenimiento para las estaciones de captación e impulsión de la EPS SEDAJULIACA S.A.</p>	<p><u>Hipótesis General</u></p> <p>Mediante la implementación de tecnología se reducirá en los costos de operación y de mantenimiento para las estaciones de captación e impulsión de la EPS SEDAJULIACA S.A.</p>	<p><u>Variable dependiente:</u></p> <p>Estudio de eficiencia energética</p> <p><u>Variable independiente:</u></p> <p>Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Costos de Operación</li> <li>Balance de energía</li> <li>Costo de la energía</li> <li>Perdidas en conductores eléctricos</li> <li>Eficiencia de bombas</li> <li>Eficiencia de motores</li> <li>Procedimiento de operación</li> <li>Corriente de arranque y nominal</li> <li>Potencia nominal</li> <li>Potencia reactiva</li> <li>Potencia aparente</li> <li>Potencia activa</li> <li>armónicos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Facturas de operación</li> <li>Analizador de redes</li> <li>Tarifas eléctricas</li> <li>Cálculos de pérdidas en la red</li> <li>Calculo de pérdidas en las bombas</li> <li>Calculo de pérdidas en el motor</li> <li>Evaluación de la operación</li> </ol>	<p><u>Tipo de investigación</u></p> <p>El tipo de investigación que se adapta al presente trabajo es de tipo Aplicado</p> <p><u>Método de la investigación</u></p> <p>El método de investigación es Explicativo y aplicativo</p>
<p><u>Problemas Específicos</u></p> <p>¿En qué magnitud el estudio de la eficiencia de los equipos electromecánicos permite mejorar el ahorro de electricidad en la EPS SEDAJULIACA S.A.?</p>	<p><u>Objetivos Específicos</u></p> <p>Incrementar la eficiencia eléctrica y mecánica en los equipos electromecánicos de la planta de tratamiento de la EPS SEDAJULIACA S.A</p>	<p><u>Hipótesis Específicos</u></p> <p>Con el estudio de eficiencia eléctrica y mecánica en los equipos electromecánicos se tendrá un ahorro de electricidad</p>		<ol style="list-style-type: none"> <li>Costos de mantenimiento</li> <li>Coefficiente de confiabilidad</li> <li>Coefficiente de mantenibilidad</li> <li>Costo evitado</li> <li>Tiempo promedio entre fallas.</li> <li>Modos de fallas</li> <li>Criticidad de equipos</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Facturas de operación</li> <li>método matemático de weibul</li> <li>Método matemático de Weibul</li> <li>Evaluación económica del RCM</li> <li>Ordenes de trabajo</li> <li>Historial del equipos</li> <li>Evaluación de criticidad</li> </ol>	<p><u>Técnica de recolección de datos</u></p> <p>las técnicas a usarse serán:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Observación</li> <li>Análisis documental</li> <li>Pruebas</li> </ul> <p><u>Procedimiento de recolección de datos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El programa Analyzer Fluke V.445</li> <li>Análisis cuantitativo</li> <li>Estadística descriptiva</li> </ul>

**Anexo N° 13: Planos de la planta de la planta de tratamiento de agua potable**

- Plano N° 01: Unifilar de cargas eléctricas
- Plano N° 02: Infraestructura de la PTAP
- Plano N° 03: Casa de fuerza
- Plano N° 04: Diagrama de tablero de control
- Plano N° 05: Distribución de tuberías de agua