

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN INGENIERÍA

TEMA DE INVESTIGACIÓN :

**“EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE
GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN ACUEDUCTOS MEXICANOS.**

CASO: ACUEDUCTO DEL NOROESTE DE MÉXICO”

Presentado por:

Francisco Javier Euyoqui Arechiga

Director de tesis:

Dr. José Alejandro Suástegui Macías.

Mexicali, Baja California 18 de diciembre de 2025.

Tabla de contenido

1.	Introducción	1
1.1.	Justificación.....	2
1.2.	Planteamiento del Problema	4
1.3.	Hipótesis	5
1.4.	Objetivo General	6
1.4.1.	Objetivos Específicos.....	6
1.5.	Antecedentes	6
1.5.1.	Evolución de los SGEN	6
1.5.1.1.	Orígenes de la Gestión Energética	6
1.5.1.2.	Expansión Internacional de Normas Nacionales (1990–2010)...	7
1.5.1.3.	Consolidación Internacional: la ISO 50001 (2011–2018)	8
1.5.1.4.	Adopción en México (2011–2020).....	9
2.	Marco Teórico.....	10
2.1.	Acciones Para la Eficiencia Energética en Acueductos	10
2.2.	Acciones Para la Eficiencia Energética que Requieren Nula o Mínima Inversión	14
3.	Metodología.....	17
3.1.	Caso de Estudio.....	18
3.2.	Alcance del Estudio.....	20

3.3.	Recopilación de Información	21
3.3.1.	Información de los Equipos (bombas y motores)	21
3.3.2.	Consumos y Costos Eléctricos	24
3.4.	Indicadores de Desempeño Energético	26
3.4.1.	Indicador de Consumo Energético “ I1 “ (kWh/m ³).....	27
3.4.2.	Indicador de Costo por Energía “ I2” (\$/m ³)	27
3.5.	Evaluación Técnica del Sistema de Bombeo	28
3.5.1.	Medición de Parámetros Hidráulicos y Eléctricos	29
3.6.	Propuestas de Acciones de Mejora de Desempeño Energético	33
3.6.1.	Recubrimiento en Bombas	33
3.6.2.	Sustitución de Solo Bombas, Solo Motores o Todo el GMB	34
3.6.2.1.	Modelo de Regresión Polinómica de la Disminución de la Eficiencia de las Bombas con el Paso del Tiempo	35
3.7.	Método de la Evaluación Económica de las AMDEn.....	36
3.8.	Método de Selección de las AMDEn	40
3.9.	Diseño de Sistema de Gestión de la Energía.....	40
4.	Resultados.....	42
4.1.	Resultados de Mediciones y Evaluación Técnica	42
4.2.	Obtención de los Modelos de Decaimiento de la Eficiencia de las Bombas	47

4.3.	Evaluación Económica de las AMDEn.	52
4.3.1.	Evaluación Económica de la Sustitución de Motores.....	53
4.3.1.	Evaluación Económica de la Sustitución de Bombas	55
4.3.2.	Evaluación Económica de la Sustitución de GMB	57
4.3.3.	Evaluación Económica del Recubrimiento Epóxico a las Bombas..	59
5.	Sistema de Gestión de la Energía	63
5.1.	Manual de la energía.....	64
5.2.	Diseño de procedimientos del sistema.....	66
5.2.1.	Procedimiento de Información Documentada (PS-SGEn-01)	66
5.2.2.	Procedimiento Revisión Directiva (PS-SGEn-02)	67
5.2.3.	Procedimiento Auditoría Interna (PS-SGEn-03)	70
5.2.4.	Gestión Digital de Documentos (PS-SGEn-04)	74
5.2.5.	Producto no Conforme (PS-SGEn-05).....	76
5.2.6.	Acciones Correctivas (PS-SGEn-06)	77
5.2.7.	Atención al Buzón (PS-SGEn-07).....	82
5.2.8.	Mejora Continua (PS-SGEn-08).....	85
5.3.	Diseño de Procedimientos Generales	86
5.3.1.	Verificación de los Requisitos Legales (PG-OP y MM-01).....	86
5.3.2.	Diseño (PG-PyP-01)	88
5.3.3.	Adquisición (PG-PyP-02).....	89

5.3.4.	Planeación (PG-SGEn-01).....	90
5.3.5.	Competencia (PG-SGEn-02)	91
5.4.	Cumplimiento de la Norma ISO 50001:2018.....	91
5.5.	Evaluación de la implementación del SGEn.....	96
6.	Conclusiones.	97
7.	Referencias.....	101
8.	Apéndice A (resultados de mediciones).....	109
9.	Apéndice B (Comparativo de mediciones con datos del fabricante).....	115
10.	Apéndice C (Cálculo de ahorros potenciales).....	128
11.	Apéndice D Validación del SGEn	175

Índice de figuras

Figura 1. Pérdidas típicas en un sistema de bombeo.....	10
Figura 2. Etapas de la metodología para la evaluación de las AMDEn.....	17
Figura 3. Vista detallada de las etapas de la metodología.	18
Figura 4. Acueducto situado al noroeste de México. Adaptado de (CEA, 2016a).....	20
Figura 5. Flujómetros.	30
Figura 6. Analizador de redes.	31
Figura 7. Ubicación de los transformadores de potencia.	31
Figura 8. Mediciones en campo en el ANEM.	32
Figura 9. Cambio de la eficiencia de la bomba en el tiempo (ETSU, 2001).	35
Figura 10. Elementos de un sistema de gestión (SENER, 2018).....	41
Figura 11. Valores calculados de eficiencia de los GMB 5 de PB0 a PB5.	47
Figura 12. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB1.	49
Figura 13. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB2.	49
Figura 14. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB3.	50
Figura 15. Función del decaimiento de la eficiencia de las bombas del GMB 5 en PB4.	51
Figura 16. Concentrado de los modelos matemáticos de disminución de la eficiencia de las PB del ANEM.....	51
Figura 17. Comparativo de los IDEn de la AMDEn 4	62

Figura 18. Índice del Manual de la energía.	64
Figura 19. Estructura del SGEEn.	65
Figura 20. Flujo de actividades para el control de documentos.	67
Figura 21. Procedimiento de auditoría interna.	70
Figura 22. Gestión digital de documentos.	75
Figura 23. Acciones correctivas.	78
Figura 24. Evaluación de compatibilidad del SGEEn Con la Norma ISO 5001:2018.....	95

Índice de tablas

Tabla 1. Intensidad de la energía para producción de agua limpia.	1
Tabla 2. Principales acueductos en México	3
Tabla 3. Características de los motores presentes en el caso de estudio.....	19
Tabla 4. Datos del fabricante de los GMB 1 al 4 de PB0.	21
Tabla 5. Datos del fabricante del GMB 5 de PB0.	22
Tabla 6. Datos del fabricante de los GMB 1 al 4 de la PB1, PB2, PB3.	22
Tabla 7. Datos del fabricante del GMB 5 de la PB1, PB2, PB3.....	23
Tabla 8. Datos del fabricante de la GMB 1 al 4 de PB4 y PB5.....	23
Tabla 9. Consumos eléctricos del ANEM (kWh).....	25
Tabla 10. Costos eléctricos del ANEM.	26
Tabla 11. Formato utilizado en la medición de parámetros hidráulicos y eléctricos.	33
Tabla 12. Volumen bombeado, consumos, costos eléctricos e IDEn para la LBEn.	37
Tabla 13. Tarifa eléctrica aplicada para el ANEM periodo 2020-2030.	38
Tabla 14. Formato de auditoría al SGen.....	41
Tabla 15. Datos de mediciones y eficiencias calculadas planta PB0.	44
Tabla 16. Datos de mediciones y cálculos para el GMB 5 de la PB1.....	45
Tabla 17. Tabla resumen de mediciones y cálculos GMB.....	46
Tabla 18. Modelos para el método de decaimiento de la eficiencia en el tiempo.....	48
Tabla 19. Evaluación de la AMDEn 1 sustitución de motores.	53
Tabla 20. IDEn para la sustitución de motores.....	54
Tabla 21. Evaluación de la AMDEn 2 sustitución de bomba	55
Tabla 22. IDEn con sustitución de bombas.	56

Tabla 23. Evaluación de sustitución de motor y bomba.	57
Tabla 24. IDEn para la sustitución de GMB.	58
Tabla 25. Costo de la aplicación del recubrimiento a las bombas del ANEM.....	59
Tabla 26. Potencial de ahorro en el costo eléctrico de la AMDEn 4.....	60
Tabla 27. Evaluación de la AMDEn 4 recubrimiento epóxico.	61
Tabla 28. IDEn con recubrimiento epóxico.....	61
Tabla 29. Estructura documental del SGEN.	63
Tabla 30. Seguimiento a las no conformidades.	81
Tabla 31. Grado de cumplimiento de los requisitos legales y otros.	87
Tabla 32. Cumplimiento de la norma.....	92
Tabla 33. Comparativa de datos actuales y simulados de la sustitución de GMB en la PB0.	96

Abreviaciones

AE : Ahorros económicos en pesos mexicanos.

AMDEn : Acciones de mejora del desempeño energético.

B : Beneficio.

BN : Beneficios negativos.

C : Costo.

D : Diámetro interior de la tubería, m.

D_{r-gd} : Distancia desde la línea de referencia hasta el manómetro de descarga, m (el nivel de referencia usado es la línea central de la tubería).

D_{r-gs} : Distancia desde la línea de referencia hasta el manómetro de succión, m (el nivel de referencia usado es la línea central de la tubería).

ϵ_1 : Eficiencia inicial de la bomba.

ϵ_2 : Eficiencia de la bomba después de aplicar el recubrimiento.

f : Coeficiente de pérdidas por fricción de Darcy-Weisbach.

g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2).

H : Carga de bombeo, m.

H_1 : Promedio inicial total de la cabeza de la bomba antes de aplicar el recubrimiento.

H_2 : Promedio total de la cabeza de la bomba después de aplicar el recubrimiento.

h_f : Pérdidas por fricción en la tubería, m.

h_{fs} : Pérdidas por fricción en tubería y accesorios de succión, m.

Hp : Caballos de fuerza (Horse power).

H_T : Carga total de bombeo, m.

$h_{vs} = v_s^2 / 2g$: carga por velocidad en la tubería de succión, m.

i : Año de evaluación.

IDEn : Indicadores energéticos.

ISO : Organización Internacional de Estandarización (International Standards Organization).

i_2 : Inflación anual promedio del costo por el consumo de energía eléctrica.

KW = kilo Watts.

L : Longitud de la tubería, m.

LBEEn : Línea base de energía.

M : Metro.

M. C. A. : metros columna de agua

MXN : Peso mexicano.

n : de periodo de recuperación de inversión

NC : No conformidad.

NOM : Norma Oficial Mexicana

η_b : Eficiencia de la bomba, %.

η_{em} : Eficiencia electromecánica, %.

η_m : Eficiencia de placa del motor, %.

p_d : Presión manométrica a la descarga, kPa.

PG : Procedimientos generales

P_h : Potencia hidráulica, kW.

P_{mm} : Potencia del motor, medida, kW.

PS : Procedimiento de sistema.

p_s : Presión manométrica en la succión, kPa.

Psi : libras por pulgada cuadrada.

Q : Flujo volumétrico, m³/s.

SGEn : Sistema de gestión de la energía.

TMAR : Tasa mínima atractiva de retorno.

TR : Tasa de retorno.

V : Volt.

v : Velocidad promedio del flujo en la tubería, m/s.

v_s : Velocidad en la tubería de succión, m/s.

γ : Peso específico del agua, N/m³.

Z_s : Distancia vertical desde el nivel del agua hasta la línea de referencia, m.

$\$/kWh$: Costo del kilo Watt hora en pesos mexicanos.

Resumen

La presente investigación aborda el diseño, implementación y evaluación de un Sistema de Gestión de la Energía en acueductos a gran escala, tomando como caso de estudio el Acueducto del Noroeste de México. Este sistema está compuesto por seis estaciones de bombeo las cuales transportan agua a lo largo de 125 km y salvan una altura de 1061 m, con una demanda eléctrica aproximada de 80 MW. La metodología propuesta integra la medición de parámetros hidráulicos y eléctricos en campo, el desarrollo de modelos matemáticos que describen el decaimiento de la eficiencia de las bombas a lo largo del tiempo y la evaluación técnica y económica de diversas Acciones de Mejora del Desempeño Energético, tales como la aplicación de recubrimiento epóxico y la sustitución de bombas, motores o grupos motobomba completos. Los resultados muestran que la sustitución de bombas en las estaciones con mayor demanda (PB4 y PB5) podría generar un ahorro acumulado de 436,085 MWh en un periodo de 10 años, equivalente a una reducción de 137,061 toneladas de CO₂. Asimismo, la aplicación de recubrimientos epóxicos en bombas presentó un periodo de recuperación de la inversión menor a dos meses y un ahorro energético de hasta el 4 %. El Sistema de Gestión de la Energía diseñado fue auditado con base en la Norma ISO (International Organization for Standardization) 50001:2018, alcanzando un nivel de cumplimiento del 98.5 %, lo que confirma su alineación con las mejores prácticas internacionales en gestión energética. Los hallazgos ofrecen un marco replicable para otras organizaciones de distribución de agua, contribuyendo a la mejora de la eficiencia operativa, la reducción de costos y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 7 y 13).

Abstract

This research develops the design, implementation, and evaluation of an Energy Management System for large-scale aqueducts, using the Northeast Mexico Aqueduct as a case study. The system consists of six pumping stations that transport water over 125 km and overcome a total head of 1,061 m, with an electrical demand of approximately 80 MW. The proposed methodology integrates field measurements of hydraulic and electrical parameters, the development of mathematical models to estimate pump efficiency degradation over time, and the technical and economic assessment of several Energy Performance Improvement Actions, such as epoxy coating applications and the replacement of pumps, motors, or complete pump-motor assemblies. The results show that replacing pumps in the highest-demand stations (PB4 and PB5) could yield cumulative savings of 436,085 MWh over a 10-year period, equivalent to a reduction of 137,061 tons of CO₂. Additionally, applying epoxy coatings to pumps achieved a payback period of less than two months and improved energy efficiency by up to 4%. The designed Energy Management System, was audited under ISO 50001:2018, achieving a compliance level of 98.5%, confirming its alignment with international best practices in energy management. These findings provide a replicable framework for water utilities, enhancing operational efficiency, reducing energy costs, and supporting progress toward Sustainable Development Goals (SDG 6, 7, and 13).

Capítulo 1

1. Introducción

En las sociedades urbanas contemporáneas, el acceso continuo a servicios básicos como electricidad, drenaje y agua potable tiene una cobertura entre el 80 y 90% (World Health Organization et al., 2025). Sin embargo, pocas veces se reflexiona sobre los complejos procesos técnicos necesarios para garantizar el suministro de estos servicios. Un ejemplo ilustrativo es la simple acción de abrir el grifo y recibir agua potable, lo cual depende de sofisticados sistemas de bombeo que, a su vez, requieren un consumo significativo de energía eléctrica.

En algunas regiones del mundo el acceso al agua no es instantáneo y su transporte desde grandes distancias o zonas de difícil acceso representa un desafío adicional. De acuerdo con Hoff H. (2011) la intensidad de la energía utilizada para la producción de agua limpia depende del tipo de fuente como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Intensidad de la energía para producción de agua limpia.

Fuente de agua	Intensidad de la energía
Río o lago	0.37 kWh/m ³
Agua subterránea	0.48 kWh/m ³
Tratamiento de agua residuales	0.62–0.87 kWh/m ³
Reutilización de agua residuales	1–2.5 kWh/m ³
Agua de mar	2.58–8.5 kWh/m ³

Nota: Adaptado de Water, energy, and food nexus: review of global implementation and simulation model development (Wicaksono et al., 2017).

Hoff H. (2011) también indica que transportar 1 m³ de agua a una distancia horizontal de 350 km requiere la misma cantidad de energía que desalinizar 1 m³ de agua de mar. Por otro lado, Zhou Y. (2005) señala que elevar agua a una altura de 100 metros

demanda un consumo energético equivalente al transporte de esa misma cantidad de agua por 100 km en sentido horizontal.

La creciente relevancia de la interdependencia entre el agua y la energía es innegable. En varias fases del proceso de generación eléctrica se utiliza agua, mientras que la extracción, conducción, tratamiento y distribución del agua dependen de la electricidad. Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el uso global del agua ha aumentado un 1% anual desde la década de 1980, impulsado por el crecimiento poblacional, el desarrollo socioeconómico y los cambios en los patrones de consumo y se prevé que esta tendencia continúe en las próximas décadas (ONU, 2019). Este incremento en el consumo de agua implica un aumento proporcional en la demanda de energía eléctrica utilizada para su transporte y distribución. Se estima que el bombeo de agua consume hasta el 7% de la energía producida globalmente (Hamiche et al., 2016). En este sentido la reducción del consumo energético en los sistemas de agua no solo es una necesidad ambiental, sino también económica. En países como la India algunas empresas municipales de servicios de agua indican que puede mejorar la eficiencia del sistema de agua en un 25%, mientras que en Estados Unidos de América podrían fácilmente reducir un 15% del uso total de electricidad, ahorrando casi 1000 millones de dólares al año (James, et al, 2003).

1.1. Justificación

En México, los sistemas de bombeo consumen aproximadamente 3,969.47 GWh anuales, de acuerdo con datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2021). Dentro de este consumo los acueductos constituyen un componente crítico, debido a la longitud, los caudales manejados y las condiciones

topográficas. Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2018), el país cuenta con más de 3,000 km de acueductos, que en conjunto tienen una capacidad de transporte de 112 m³/s de agua. En la Tabla 2 se presenta una lista de los principales acueductos clasificados por su longitud y caudal.

Tabla 2. Principales acueductos en México

Acueducto	Longitud (km)	Caudal de diseño (m ³ /s)
Uxpanapa la Cangrejera	40	20
Sistema Cutzamala	162	19
Lerma	60	14
Chapala Guadalajara	42	7.5
Río Colorado Tijuana	130	5.3
Linares Monterrey	133	5
El Cuchillo Monterrey	91	5
Independencia	135	2.38
Yurivia Coahuila de Zaragoza	64	2
Minatitlán		
Acueducto II Querétaro	122	1.5
Lomas de Chapultepec	34	1.25
Realito San Luis Potosí	133	1
Río Huitzilapan Xalapa	55	1
Presa Vicente Guerrero Ciudad Victoria	54	1
Conejos Médanos	25	1
Paralelo Chicbul Ciudad del Carmen	120	0.42
Chicbul Ciudad del Carmen	122	0.39
Armería Manzanillo	50	0.25
Vizcaíno Pacífico Norte	206	0.062

En México, según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, el consumo eléctrico representa el 39.5% de los gastos de los organismos operadores de agua (INEGI, 2014). Además, se observa que los organismos operadores ubicados en Baja

California, Chihuahua, Ciudad de México, Jalisco, Estado de México, Nuevo León y Querétaro concentraron el 56.5% del total de estos gastos a nivel nacional. Ante esta situación, es prioritario que los organismos operadores optimicen su consumo energético para garantizar la continuidad del servicio. Los Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) ofrecen un marco estructurado de mejora continua que permite optimizar consumos, reducir costos y fortalecer la confiabilidad de la operación. La implementación de un SGEn permite administrar adecuadamente la energía, optimizando su uso de manera racional y eficiente, al tiempo que aumenta la confiabilidad de los sistemas energéticos. Sin una gestión adecuada, los esfuerzos por reducir el consumo energético suelen ser puntuales, aislados y, en muchos casos, temporales (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía [CONUEE], 2018).

El presente trabajo evalúa los ahorros energéticos y económicos derivados de la implementación de un SGEn en un Acueducto del Noroeste de México (ANEM), además de establecer una metodología especializada que facilite su replicación en otros acueductos, sistemas de bombeo o cualquier sistema con características similares. El ANEM abastece de agua a las ciudades de Tijuana, Tecate y Rosarito, ubicadas en la costa norte del Pacífico, en la península de Baja California. Cabe destacar que la carga eléctrica del ANEM representa el 7% de la demanda total del Estado de Baja California, con una capacidad de 80 MW (Congreso del Estado, 2020).

1.2. Planteamiento del Problema

Los sistemas de gestión ya sea de calidad, ambiental o de energía han sido diseñados con un carácter genérico y transversal lo cual permite su aplicación en diferentes tipos de organizaciones. No obstante, esta universalidad también genera

ambigüedades que dificultan su interpretación y limitan su adopción en sectores con características técnicas muy específicas, como los acueductos.

En particular, los organismos operadores enfrentan tres problemáticas principales:

1. Falta de guías sectoriales: no existen metodologías diseñadas específicamente para la implementación de un SGE en acueductos.
2. Complejidad técnica: resulta difícil identificar los factores determinantes del desempeño energético en sistemas de bombeo de gran escala.
3. Barreras operativas: la ausencia de información clara sobre el alcance y beneficios de un SGE genera resistencia institucional y desalienta su implementación.

Frente a este escenario, se plantea la necesidad de desarrollar e implementar una metodología específica que facilite la adopción de sistemas de gestión de la energía en acueductos, asegurando su viabilidad técnica y su efectividad en términos de ahorro energético y mejora del desempeño operativo.

1.3. Hipótesis

Mediante el diseño e implementación de un SGE en acueductos de México, es posible identificar e incorporar acciones de eficiencia energética capaces de generar ahorros mínimos del 4 % en el consumo eléctrico energético a la Línea Base de Energía (LBE) establecida.

Así mismo es posible implementar un SGE en acueductos de México durante un periodo inferior a seis meses y cumpliendo los requisitos establecidos en estándares internacionales (ISO 50001:2018) y nacionales (NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2019).

1.4. Objetivo General

Evaluar el impacto en el desempeño energético de un acueducto mexicano al implementar un sistema de gestión de la energía, así como determinar la eficacia del sistema respecto a estándares internacionales pertinentes.

1.4.1. Objetivos Específicos

- Desarrollar una metodología especializada para identificar y seleccionar acciones de eficiencia energética apropiadas para acueductos en México.
- Definir métodos para evaluar el desempeño energético del acueducto.
- Analizar los resultados técnicos y económicos obtenidos tras la implementación de las acciones de mejora, comparándolos con la línea base de energía.
- Determinar la eficacia del sistema de gestión de la energía verificando la conformidad con estándares internacionales y el tiempo requerido para la implementación de sus procesos.

1.5. Antecedentes

1.5.1. Evolución de los SGEN

1.5.1.1. Orígenes de la Gestión Energética

El interés por la eficiencia energética surge tras la crisis del petróleo de 1973, que obligó a los países a replantear sus políticas de producción y consumo de energía. Durante la década de 1980, la industria comenzó a desarrollar programas de ahorro y gestión. Posteriormente, varios países publicaron sus primeras normas nacionales; entre ellas, el estándar AS 3595 “Programas de Gestión Energética – Guía Para Evaluación

Financiera de Proyectos” en Austria (1990), considerado uno de los pioneros en formalizar metodologías de gestión energética.

1.5.1.2. Expansión Internacional de Normas Nacionales (1990–2010)

Durante los años noventa y principios de los 2000, distintos países desarrollaron sus propias normas nacionales de gestión energética, con enfoques adaptados a sus contextos industriales, en 1995 Estados Unidos crea el estándar ANSI 739 IEEE Recomendación Práctica Para la Gestión Energética en Instalaciones Industriales y Comerciales, en ese mismo año China realiza un estándar homologo el GBT/T 15587 Guía para la Gestión Energética en las Organizaciones Industriales (CONUEE, 2018).

Para el año 2000 Estados Unidos publicó la norma para regular la implementación de los Sistemas de Gestión de la Energía (ANSI/MSE: 2000-2005), creada por el Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI) por sus siglas en inglés. Dinamarca publicó en el año 2001 la Norma DS 2403:2001 de especificaciones de los sistemas de gestión energética y el documento informativo “Guía para la Gestión de la Energía DS/INF 136:2001”. Dos años más tarde, Suecia publica la Norma SS 6277 50:2003. Para el 2005, Irlanda presenta la Norma IS 393:2005 que muestra las especificaciones de los sistemas de gestión de la energía acompañada de una guía para su uso y una guía técnica. En España, en 2007 se crea la primera norma para certificar los sistemas de gestión de la energía UNE 216301, que posteriormente es sustituida en el 2010 por la norma europea UNE EN 16001. Esta norma ya establece una relación de base con la Norma ISO 14001, referida a los sistemas de gestión ambiental. De manera similar tienen sus propias normas: Australia, Japón, Canadá, China, Alemania, Corea, Reino Unido, Holanda entre otros.

En el año 2006, se emite la Directiva 32 de la Comunidad Europea “sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos”, que establece como objetivos: mejorar la eficiencia del uso final de la energía en los servicios energéticos, gestionar la demanda energética, fomentar la producción de energía renovable y cuya aplicación es para todos los países miembros.

1.5.1.3. Consolidación Internacional: la ISO 50001 (2011–2018)

En abril de 2007, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial ONUDI (por sus siglas en inglés), realizó una reunión de expertos en reconocimiento a la necesidad de la industria de desarrollar una respuesta eficaz contra el cambio climático. Esta reunión contó con representantes de la secretaría central de la ISO y los países que han adoptado estándares de gestión energética. En esa reunión se presentó una solicitud a la secretaría central de la ISO, de trabajar en una norma internacional de gestión de la energía (National Quality Assurance [NQA], 2018).

En febrero de 2008, se forma el comité del proyecto ISO/PC 242 para comenzar a desarrollar una norma internacional de gestión de la energía. Este comité de gestión energética desarrolló los que se convirtió en la Norma ISO 50001, con la participación de 59 países, 14 de los cuales eran observadores (NQA, 2018). En septiembre del mismo año, se tiene la primera reunión en Washington en donde se definen algunos temas principales. En febrero de 2009, se lleva a cabo la segunda reunión en Sao Paulo, de donde sale el primer borrador de la Norma CD ISO 50001. La tercera reunión se realiza en noviembre del mismo año, de donde sale el segundo borrador DIS ISO 50001 (ISO, 2011).

En octubre de 2010, durante la cuarta reunión realizada en Beijing, se aprobó el paso del proyecto de norma a su siguiente etapa FDIS. Entre marzo y mayo de 2011, el FDIS del proyecto de Norma ISO 50001, abrió su votación y fue aprobado con revisiones de redacción. Después de 4 reuniones del comité del proyecto, ISO lanzó de manera oficial el estándar sobre sistemas de gestión de la energía ISO 50001, el 17 de junio de 2011 (Perry Jhonson Registrations [PJR], s. f.). El 20 de agosto de 2018 se publica la versión 2018 de la Norma ISO 50001 como principal cambio es adoptar la estructura de alto nivel (HLS), común a todas las ISO, para asegurar la compatibilidad con otras normas de gestión ISO (CONUEE, 2020).

1.5.1.4. Adopción en México (2011–2020)

México adoptó la norma internacional mediante la publicación de la NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2011, equivalente a la ISO 50001:2011. Esta norma, publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2012, permitió que las organizaciones mexicanas iniciaran formalmente procesos de implementación y certificación en gestión de la energía, bajo lineamientos reconocidos internacionalmente. La adopción representó un paso importante, ya que ofreció a las industrias, organismos operadores de agua y empresas de servicios públicos una herramienta estandarizada para mejorar su desempeño energético, reducir costos operativos y contribuir a los compromisos nacionales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.

Posteriormente, en 2020, se actualizó la normativa mexicana con la NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2019, idéntica a la ISO 50001:2018. Con ello, México se alineó con los estándares internacionales más recientes, garantizando compatibilidad y reconocimiento global en la certificación de sistemas de gestión de la energía.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

2.1. Acciones Para la Eficiencia Energética en Acueductos

El transportar agua de un lugar a otro implica múltiples procesos de transformación de la energía, en cada uno de estos procesos ocurren pérdidas de energía. Según el Departamento de Energía de Estados Unidos (USDOE, 2014) las principales fuentes de estas pérdidas ocurren en la bomba, el motor y en el sistema de tuberías. En la figura 1 ilustra un diagrama típico de las pérdidas de energía en un sistema de bombeo.

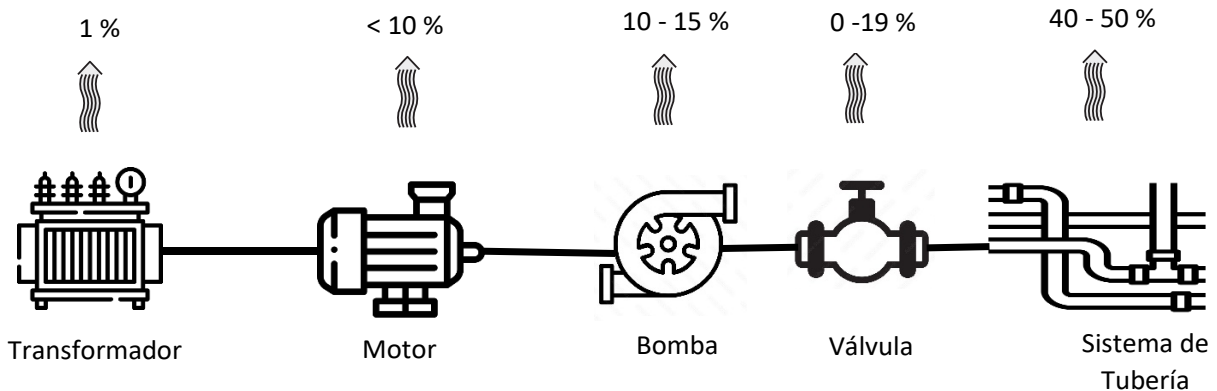


Figura 1. Pérdidas típicas en un sistema de bombeo.

Varios estudios (Coelho et al., 2014; Hieninger et al., 2021) han clasificado las acciones de mejora en el desempeño energético (AMDEn) en tres categorías principales: componentes (motor y bomba), sistema de tuberías y control y regulación. Cada categoría está diseñada para resolver ineficiencias específicas del sistema de bombeo. Además de las categorías mencionadas, es fundamental tener en cuenta la calidad de la energía suministrada que ayudan a disminuir las ineficiencias en los sistemas de bombeo

anteriormente señaladas. Corgnati et al. (2017) han demostrado que la sustitución de transformadores viejos en sistemas de suministro eléctrico puede mejorar el factor de potencia, estima un ahorro de energía del 5% al 8%. En este mismo sentido el USDOE (2012), afirma que tener un desbalance del voltaje entre fases, bajo factor de potencia, instalación de conductores de calibre inadecuado y fugas de corriente a tierra producen un aumento en el consumo eléctrico anual entre un 1% y un 4% por lo que se infiere que efectuar acciones de eficiencia, repercute en un ahorro en el consumo en esa misma magnitud. En relación con esto Trianni et al. (2019) mencionan que un desbalance del 3.5% en el voltaje de alimentación del motor ocasiona que su eficiencia disminuya en un 2% por lo que atender este punto repercute en un ahorro considerable.

Más allá de las repercusiones directas de la calidad de la energía en el consumo energético, estas deficiencias también pueden agravar los problemas relacionados con el dimensionamiento y el rendimiento de los motores. Gnacinski et al. (2016), señalan que la mayoría de los motores están sobre dimensionados, indica que una de las causas es la mala calidad de la energía, así como el desequilibrio en la tensión de alimentación, por lo que muchos fabricantes aumentan las especificaciones en los motores de eficiencia estándar, como por ejemplo aumentando el grosor del aislamiento, lo que disminuye su eficiencia.

Resolver los problemas de calidad en el suministro de energía eléctrica es crucial, no sólo para reducir las pérdidas inmediatas, sino también para mejorar el rendimiento general de los componentes del sistema de bombeo. La mejora de la calidad eléctrica puede mitigar la necesidad de medidas compensatorias, que a menudo resultan ineficaces, como el sobredimensionamiento de los motores,. Sin embargo, para

aprovechar plenamente estas mejoras, es igualmente importante tener en cuenta el rendimiento de los propios componentes. Coelho et al. (2014) destacan que, incluso con condiciones de potencia optimizadas, se pueden conseguir ahorros energéticos sustanciales de entre el 10% y el 30% sustituyendo motores y bombas estándar por motores y bombas de alta eficiencia. Esto subraya la importancia de un enfoque dual que combine tanto la mejora de la calidad de la energía como la mejora de la eficiencia de los componentes.

En relación con este enfoque, Kaya et al. (2008) realizaron mediciones de diverso parámetros en diez sistemas de bombeo y demostraron que la sustitución de motores de eficiencia estándar por motores de alta eficiencia, puede generar ahorros en el consumo eléctrico de hasta un 21%. El mismo estudio señala que reemplazar bombas de eficiencia convencional por modelos de mayor rendimiento incrementa la eficiencia energética entre un 12% y un 14%. Además, Kaya subraya que los equipos experimentan una degradación natural con el tiempo, producto del desgaste de sus componentes.

Esto evidencia la necesidad de un mantenimiento y una supervisión continua para preservar el rendimiento óptimo de los equipos. Yates et al. (2001) destacan que, aun cuando una bomba haya sido correctamente seleccionada y opere bajo condiciones óptimas, es normal que con después de un tiempo considerable de operación se produzca desgaste en los anillos por efecto de la erosión, lo que genera fugas internas. Asimismo, señalan que tanto la superficie del impelente como la carcasa tienden a volverse más rugosas debido a la corrosión y/o a la cavitación, incrementando la fricción hidráulica. En consecuencia, resulta esencial considerar no solo la eficiencia inicial de

los componentes, sino también su inevitable degradación con el paso del tiempo, a fin de garantizar el ahorro energético sostenido a largo plazo.

Mantener la eficiencia inicial de los componentes y hacer frente a la inevitable degradación con el paso del tiempo es esencial para ahorrar energía a largo plazo. En este contexto, Saidur (2010) señala que con una adecuada lubricación en los rodamientos de los motores es posible lograr un ahorro en el consumo eléctrico entre 1% y 2 %. Del mismo modo, la reducción de la fricción de los componentes internos de las bombas es igualmente crucial, según estudios realizados por Deshmukh et al, (2019), Maillard (2008), Wong et al, (2012), Kocaaslan et al. (2016) entre otros demuestran que minimizar la fricción del fluido en los diferentes componentes de la bomba como son el impelente y la parte interna de la voluta, provoca un aumento del rendimiento del sistema.

Uno de los métodos utilizados para disminuir la fricción en estas áreas es emplear recubrimientos. Maillard (2008) menciona que en mediciones y estudios efectuados a una bomba centrífuga de una sola etapa se logró un aumento en la eficiencia de hasta un 6% al utilizar recubrimiento, además reporta un incremento en la altura hidráulica y ahorros en el consumo eléctrico. También indica que el fabricante de bombas KSB Omega Pumps al efectuar estudios en algunos modelos de sus bombas con capacidades de entre 250 hp y 480 hp encontró incrementos en la eficiencia de hasta un 4%.

En este mismo sentido, Wong et al. (2012) reportan que, en una bomba nueva, la aplicación de recubrimientos puede mejorar la eficiencia hasta un 3% en comparación con su operación sin dicho tratamiento. También, señalan incrementos entre un 5% y 10% en el rendimiento de bombas con un tiempo de uso considerable sin mantenimiento, cuando se combina la aplicación del recubrimiento con labores de mantenimiento.

En esta misma línea, Kocaaslan et al. (2016) demostraron experimentalmente ahorros en el consumo eléctrico del 4% mediante el uso de recubrimientos y confirmaron la viabilidad económica de esta medida de eficiencia, al obtener un periodo de retorno de la inversión inferior a un año.

Por otra parte, se han efectuado estudios tratando de mejorar el diseño del impelente con la finalidad de mejorar el rendimiento energético de las bombas, Lin et al. (2022) encuentran que al hacer ciertas modificaciones en el impelente se puede reducir el consumo de energía de la bomba en más de un 5%. Wu, et al. (2022) señalan que la modificación de la forma y el ángulo de los álabes del impelente contribuyen a reducir el flujo secundario y el reflujo dentro de la bomba, lo que se traduce en una mejora de su eficiencia. En la misma línea, Capurso, et al. (2022) plantean optimizaciones en impulsores de doble succión y proponen modificaciones en su geometría, modificando tanto el ángulo como el número de álabes, reportando con ello incrementos significativos en la eficiencia de la bomba.

Por otro lado, Jibrán et al. (2017) afirman que resulta esencial seleccionar el diámetro óptimo de la tubería para maximizar el flujo, reducir la carga y mantener una velocidad adecuada que minimice la fricción. Asimismo, recomiendan que el criterio utilizado para la selección de válvulas y accesorios se base en la eficiencia energética, más que en los costos de inversión inicial.

2.2. Acciones Para la Eficiencia Energética que Requieren Nula o Mínima Inversión

Existen acciones con las que se puede mejorar el desempeño energético de los sistemas de bombeo en las que se requiere una nula o mínima inversión, Torregrossa et

al. (2019) en un estudio realizado con bombas en paralelo demuestran que se puede ahorrar energía en un 6.11% con respecto a la optimización manual en los sistemas de bombeo, además de prolongar la vida útil del equipo de bombeo al reducir el número de activaciones y reducir el riesgo de cavitación de las bombas. En este sentido Mala-Jetmarova et al., (2017) y Gan et al., (2022) hacen una extensa revisión de los diferentes modelos de optimización para sistemas de distribución de agua principalmente para ambiente urbano. Sin embargo, se encuentra que estos modelos son poco factibles aplicarlos para acueductos, por lo que no son considerados en este trabajo.

Respecto a los variadores de velocidad o de frecuencia el Hydraulic Institute, Europump and the US Department of Energy (2004) indica que en sistemas donde el flujo es continuo estos no son necesarios y no son recomendables en acueductos con factores de uso cercanos al 100%.

La revisión de literatura identificó diversas estrategias de eficiencia energética orientadas a optimizar el desempeño de los sistemas de bombeos en acueductos. No obstante, como se ha señalado previamente, varias de estas propuestas presentan limitaciones en su aplicación a equipos de gran capacidad como los que son utilizados en sistemas de transporte de agua en gran escala como lo es el ANEM.

En particular, la revisión de la literatura revela que:

- Los SGEN han demostrado eficacia en sectores industriales y en edificios, pero su aplicación en acueductos sigue siendo incipiente.
- Las AMDEN en acueductos suelen implementarse de manera aislada y no dentro de un marco de gestión integral.

En este contexto, la presente investigación busca llenar ese vacío mediante el diseño, implementación y evaluación de un SGE en un acueducto mexicano, generando un modelo replicable y adaptado a las condiciones nacionales y así disminuir los costos económicos y el impacto ambiental asociados por el consumo de energía. Se pretende mostrar la mejora en el desempeño energético, así como los beneficios económicos y ambientales .

Capítulo 3

3. Metodología

El presente capítulo describe de manera detallada la metodología empleada para evaluar el desempeño energético del ANEM, así como para identificar, seleccionar y analizar las AMDEn. La metodología fue diseñada tomando, como base lineamientos internacionales (BID, 2011; ISO 50001:2018; USDOE, 2006), y adaptada a las condiciones operativas del acueducto, de modo que pueda replicarse en sistemas de características similares. El capítulo se organiza en distintas etapas que inician con la descripción del caso de estudio, la definición del alcance de la investigación y la documentación de la información técnica y del consumo eléctrico. Posteriormente, se presentan los indicadores de desempeño energético empleados, el procedimiento de evaluación técnica de los GMB y las propuestas de AMDEn. Finalmente, se expone el método de evaluación económica junto con los criterios de selección de las AMDEn, estableciendo las bases para el análisis de resultados desarrollado en el Capítulo 4. La secuencia general de la metodología se muestra en la Figura 2 mientras que la descripción detallada de cada fase se expone en la Figura 3.



Figura 2. Etapas de la metodología para la evaluación de las AMDEn.

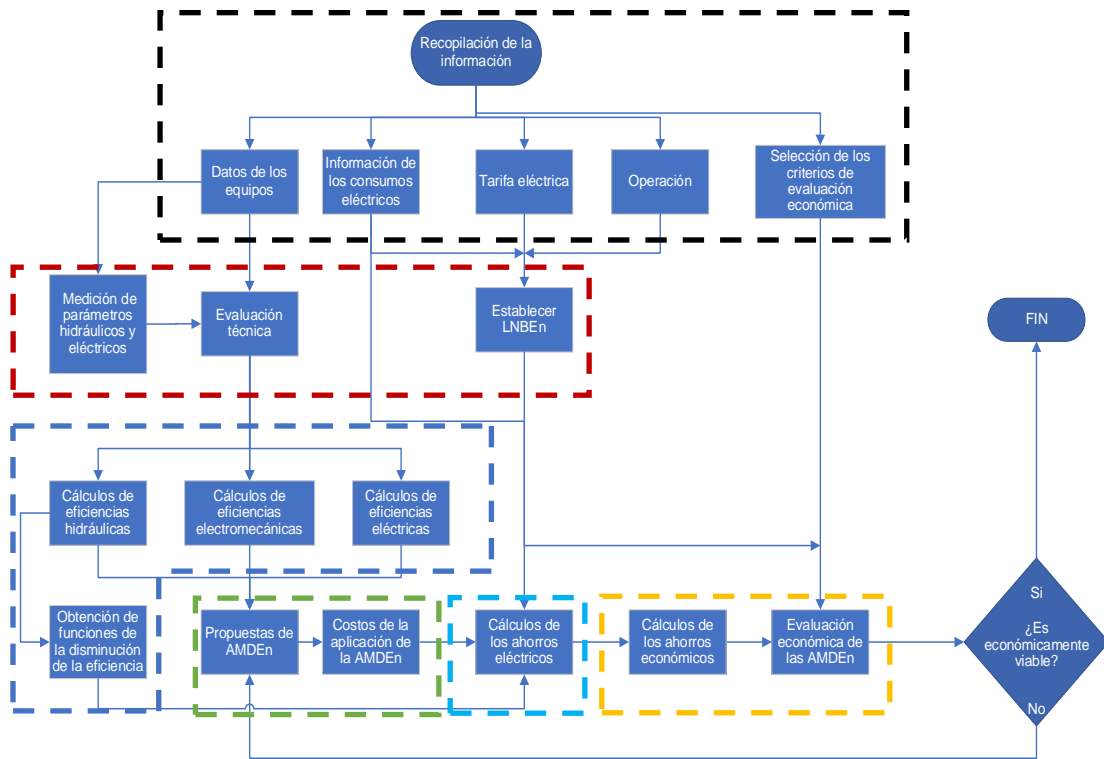


Figura 3. Vista detallada de las etapas de la metodología.

3.1. Caso de Estudio

El caso de estudio de esta investigación corresponde a un Acueducto al Noroeste de México, específicamente en el Estado de Baja California, entidad caracterizada por condiciones climáticas predominantemente áridas. Aproximadamente el 69% de su territorio presenta un clima muy seco, mientras que un 24% corresponde a clima seco, con precipitaciones anuales escasas que apenas alcanzan los 200 mm en promedio. Las temperaturas máximas suelen registrarse entre mayo y septiembre, superando los 30 °C y alcanzando valores extremos de hasta 52 °C en Mexicali (INEGI, 2020).

Desde el punto de vista socioeconómico, Baja California se ubica entre los diez principales estados en aportación al Producto Interno Bruto (PIB) nacional, con una contribución del 3.2% (INEGI, 2018). Asimismo, ha mantenido una tasa de crecimiento

poblacional anual cercana al 2% en la última década (INEGI, s. f.), lo que incrementa la presión sobre los recursos hídricos y energéticos de la región.

El ANEM se abastece del Río Colorado para suministrar agua a las ciudades de Tijuana, Tecate, Playas de Rosarito y Ensenada, proporcionando servicio a un total de 2,474,770 usuarios. En el año del 2021 el volumen de agua bombeado alcanzó los 166,509,443 m³/año (Comisión Estatal del Agua de Baja California [CEABC], 2022). El suministro de agua se regula mediante el tratado de 1944 sobre la distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, que estipula un compromiso de entrega de 1850 hm³ anuales según la CEABC, (2018).

El acueducto transporta agua a una distancia de 125 km y vence una altura de 1,061 m (CEABC, 2016a), para ello opera con 30 grupos motor bomba (GMB) distribuidos en 6 plantas de bombeo (PB) con 5 GMB por planta, PB está compuesta por 4 GMB que presentan una antigüedad mayor a 25 años y 1 GMB adicional que presenta una antigüedad de 10 años. Las especificaciones técnicas de los GMB se pueden observar en la tabla 3.

Tabla 3. Características de los motores presentes en el caso de estudio.

Planta de Bombeo	Marca	Tipo	Capacidad (hp)	Tensión (V)	Corriente (A)	Altura a vencer (m)	Distancia de bombeo (m)
PB0	Siemens	Vertical	1500	4160	205	43	2,442
PB1	Westinghouse	Horizontal	3000	4160	358	131	19,386
PB2	Westinghouse	Horizontal	3000	4160	358	114.7	6,881
PB3	Westinghouse	Horizontal	3000	4160	358	179	6,438
PB4	Westinghouse	Horizontal	8000	4160	850	352.7	1,465
PB5	Westinghouse	Horizontal	8000	4160	850	350.8	1,284

El sistema de transporte de agua inicia en el canal alimentador, y se abastece del Distrito de Riego No. 14 del Río Colorado del Valle de Mexicali. Recorre por bombeo el

desierto, asciende por las montañas de La Rumorosa, posteriormente continúa por gravedad para entregar el agua en la Presa "El Carrizo". El agua continúa su trayecto, también por gravedad, hasta llegar a la Potabilizadora "El Florido". Desde esta planta, el suministro se distribuye a la red de la ciudad de Tijuana a través de dos líneas principales: una que se dirige al "Tanque Mesa de Otay" y otra al "Tanque Aguaje de la Tuna". Adicionalmente, el sistema abastece a la Planta de Bombeo de la Colonia Obrera (CEA, 2016b). En la Figura 4, se muestra el esquema de los componentes que conforman el acueducto.

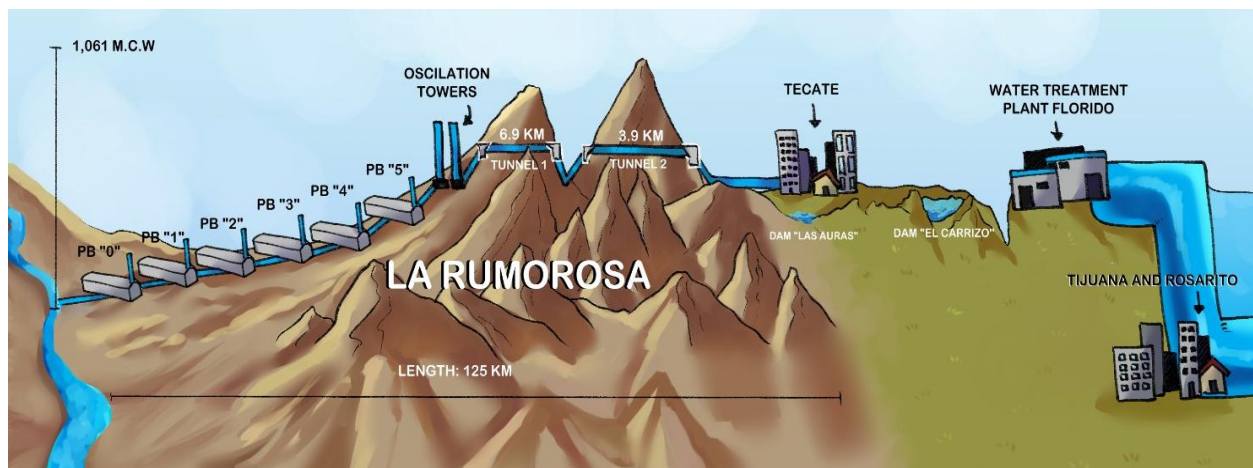


Figura 4. Acueducto situado al noroeste de México. Adaptado de (CEA, 2016a).

3.2. Alcance del Estudio

El alcance de este estudio comprende las seis plantas de bombeo que integran el ANEM, identificadas como PB0, PB1, PB2, PB3, PB4 y PB5 cubriendo instalaciones eléctricas, el equipo electromecánico y las instalaciones hidráulicas directamente asociadas al proceso de bombeo.

Cabe señalar que este estudio excluye deliberadamente otros componentes del sistema, como el canal alimentador, las torres de oscilación y otras infraestructuras que no forman parte del objetivo central de esta investigación.

3.3. Recopilación de Información

Una vez definido el alcance del estudio, el siguiente paso consistió en recopilar y analizar la información de consumos y costos eléctricos, insumo clave para la evaluación de la eficiencia energética del acueducto. En las tablas de la 4 a la 8, se presentan los datos de los GMB del ANEM.

3.3.1. Información de los Equipos (bombas y motores)

En las siguientes tablas se muestran los datos de los grupos motor bomba operando en las 6 plantas de bombeo que componen el ANEM.

Tabla 4. Datos del fabricante de los GMB 1 al 4 de PB0.

Tipo de Bomba	Vertical de flujo mixto KSB
Modelo	SEZ 700-730/2
Diámetros de succión y descarga	24"
Número de etapas	2
Diámetro del impulsor	0.584 m (23")
Gasto de diseño	5400 m ³ /h
Carga de diseño	53.6 m. c. a.
Velocidad de diseño	890
Potencia del motor	1500 Hp/1119 kW
Voltaje	4160 V
Corriente a plena carga	205 A
Eficiencia nominal del motor	95.50%
Factor de servicio	1.15
Frecuencia de la línea	60 Hz
Propiedades del fluido	
Viscosidad cinemática	9.63x10 ⁻⁷ m ² /s
Temperatura	22°C
Peso específico	9.789 kN/m ³
Densidad relativa	1
Presencia de sólidos	No
Datos de servicio	
Fracción de operación	0.8858

Tabla 5. Datos del fabricante del GMB 5 de PB0.

Tipo de Bomba	Vertical de flujo mixto FLOWSERVE
Modelo	42 RXL
Diámetros de succión y descarga	24"
Número de etapas	2
Diámetro del impulsor	0.584 m (23")
Gasto de diseño	5039.9 m ³ /h
Carga de diseño	65 m. c. a.
Velocidad de diseño	890
Potencia del motor	1500 Hp, 1119 kW
Voltaje	4160 V
Corriente a plena carga	205 A
Eficiencia nominal del motor	95.50%
Factor de servicio	1.15
Frecuencia de la línea	60 Hz
Propiedades del fluido	
Viscosidad cinemática	9.63x10 ⁻⁷ m ² /s
Temperatura	22°C
Peso específico	9.789 kN/m ³
Densidad relativa	1
Presencia de sólidos	No
Datos de servicio	
Fracción de operación	0.8858

Tabla 6. Datos del fabricante de los GMB 1 al 4 de la PB1, PB2, PB3.

Tipo de Bomba	Horizontal carcasa partida
Marca	Sulzer
Modelo	24x24x25 HSB
Diámetros de succión y descarga	24"
Número de etapas	1
Diámetro del impulsor	0.622 m (24.506")
Gasto de diseño	4800 m ³ /h
Carga de diseño	148 m. c. a.
Velocidad de diseño	1785
Potencia del motor	3000 hp/2238 kW
Voltaje	4160 V
Corriente a plena carga	358 A
Eficiencia nominal del motor	95.50%
Factor de servicio	1.15
Frecuencia de la línea	60 Hz
Propiedades del fluido	
Viscosidad cinemática	9.63x10 ⁻⁷ m ² /s
Temperatura	22°C
Peso específico	9.789 kN/m ³

Densidad relativa	1
Presencia de sólidos	No
Datos de servicio	
Fracción de operación	0.8858

Tabla 7. Datos del fabricante del GMB 5 de la PB1, PB2, PB3.

Tipo de Bomba	Horizontal carcasa partida
Marca	SULZER
Modelo	24x24x25C
Diámetros de succión y descarga	24"
Número de etapas	1
Diámetro del impulsor	23.47"
Gasto de diseño	480 m ³ /h
Carga de diseño	148 m
Velocidad de diseño	1790
Potencia del motor	3000 hp/2238 kW
Voltaje	4160 V
Corriente a plena carga	358 A
Eficiencia nominal del motor	95.50%
Factor de servicio	1.15
Frecuencia de la línea	60 Hz
Propiedades del fluido	
Viscosidad cinemática	9.63x10 ⁻⁷ m ² /s
Temperatura	22°C
Peso específico	9.789 kN/m ³
Densidad relativa	1
Presencia de sólidos	No
Datos de servicio	
Fracción de operación	0.8858

Tabla 8. Datos del fabricante de la GMB 1 al 4 de PB4 y PB5.

Tipo de Bomba	Horizontal carcasa partida
Marca	Flowserve
Modelo	24x24x25 HSB
Diámetros de succión y descarga	24"
Número de etapas	2
Diámetro del impulsor	0.641m (25.25")
Gasto de diseño	1.333 m ³ /s
Carga de diseño	341.1 m
Velocidad de diseño	1790
Potencia del motor	8000 hp/ 5968 kW
Voltaje	4160 V
Corriente a plena carga	967

Eficiencia nominal del motor	95.50%
Factor de servicio	1.15
Frecuencia de la línea	60 Hz
Propiedades del fluido	
Viscosidad cinemática	$9.63 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$
Temperatura	22°C
Peso específico	9.789 kN/m ³
Densidad relativa	1
Presencia de sólidos	No
Datos de servicio	
Fracción de operación	0.8858

3.3.2. Consumos y Costos Eléctricos

Para la estimación de los ahorros energéticos y de la eficiencia operativa, se utilizó como referencia un periodo de 12 meses previos al inicio de la campaña de medición eléctrica e hidráulica, comprendido entre noviembre de 2019 y diciembre de 2020. Este lapso fue seleccionado por considerarse representativo de un año típico de la operación del ANEM, lo que permite una evaluación representativa del desempeño de las plantas de bombeo bajo condiciones estándar de funcionamiento.

El análisis de los consumos eléctricos es necesario para diferentes cálculos, como la definición de los Indicadores energéticos y para la evaluación de las AMDEn. En este trabajo se obtuvieron los consumos del ANEM del periodo en el que se establece la LBen y fueron proporcionados por la organización que opera el ANEM. Los consumos de cada planta se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Consumos eléctricos del ANEM (kWh).

	ene-20	feb-20	mar-20	abr-20	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-19	dic-19	total
PB 0	3,168,224	2,965,586	3,210,762	3,134,070	3,016,818	2,661,177	2,845,680	2,755,594	2,501,785	2,013,234	2,604,921	1,262,228	32,140,079
PB 1	7,060,140	6,568,274	7,215,566	6,881,072	6,633,654	6,356,996	6,406,021	6,228,711	5,753,070	4,649,328	5,862,760	2,823,968	72,439,560
PB 2	6,907,628	6,455,216	6,990,408	6,737,336	6,518,748	5,962,713	6,249,262	6,086,284	5,264,080	4,509,220	5,771,752	2,785,196	70,237,843
PB 3	7,030,722	6,542,088	7,101,869	6,820,095	6,597,783	6,049,494	6,365,487	6,124,231	5,776,298	4,600,627	5,847,960	2,820,968	71,677,622
PB 4	16,896,920	15,773,872	17,191,456	16,468,000	15,905,700	14,262,010	15,281,482	14,897,171	13,779,967	11,215,428	14,127,280	6,771,712	172,570,998
PB 5	16,803,816	15,713,456	17,054,592	16,476,880	15,930,506	14,198,186	15,309,240	14,884,565	13,738,806	11,128,565	14,090,568	6,768,144	172,097,324
Totales (kWh)	57,867,450	54,018,492	58,764,653	56,517,453	54,603,209	49,490,576	52,457,172	50,976,556	46,814,006	38,116,402	48,305,241	23,232,216	591,163,426

En la Tabla 10 se presentan los costos económicos asociados al consumo eléctrico del ANEM en pesos mexicanos (MXM).

Tabla 10. Costos eléctricos del ANEM.

Mes	Consumo (kWh)	Costo (MXN)
Enero	57,867,450	\$ 110,932,827.53
Febrero	54,018,492	\$ 103,554,313.46
Marzo	58,764,653	\$ 112,652,780.04
Abril	56,517,453	\$ 108,344,861.68
Mayo	54,603,209	\$ 104,675,224.60
Junio	50,468,916	\$ 96,749,718.71
Julio	52,457,171	\$ 100,561,236.83
Agosto	50,976,556	\$ 97,722,874.11
Septiembre	46,814,006	\$ 89,743,198.60
Octubre	38,116,403	\$ 73,069,755.20
Noviembre	48,305,241	\$ 92,601,919.88
Diciembre	56,703,031	\$ 108,700,618.17
Anual	625,612,582	\$1,199,309,328.81

3.4. Indicadores de Desempeño Energético

A partir de los consumos eléctricos registrados, es posible calcular los indicadores de desempeño energético (IDEn), los cuales constituyen la base para evaluar las acciones de mejora propuestas. El uso de estos indicadores resulta fundamental, ya que permiten establecer metas claras, monitorear de manera continua el progreso y definir acciones correctivas optimización del desempeño energético. Para el ANEM se plantean los siguientes indicadores energéticos.

3.4.1. Indicador de Consumo Energético “ I1 “ (kWh/m³)

Este indicador denominado “I1”, representa la relación entre el consumo de energía eléctrica del sistema de bombeo y el volumen de agua bombeado. Su cálculo permite evaluar la eficiencia energética global del sistema, al medir cuánta energía eléctrica se consume por cada metro cúbico de agua que es bombeado. Este parámetro es crucial para detectar oportunidades de mejora en el rendimiento de las instalaciones, ya que un valor elevado de "I1" podría indicar un uso ineficiente de la energía, mientras que una reducción en este indicador estaría reflejando una optimización en el consumo energético en relación con el volumen bombeado.

$$I1 = \frac{\text{Energía total consumida (kWh)}}{\text{Volumen total de agua bombeado (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

3.4.2. Indicador de Costo por Energía “ I2” (\$/m³)

El indicador “ I2 ” se calcula en función del consumo eléctrico durante un periodo de tiempo y el costo facturado por dicho consumo en el mismo periodo de tiempo. Este indicador está influenciado por diversos factores, tales como el tipo de tarifa aplicada, los cargos asociados y posibles penalizaciones que puedan surgir, tales como el factor de potencia, la demanda máxima contratada y los horarios de consumo en horas punta. La relación que establece "I2" entre el costo total facturado por la energía eléctrica y el volumen de agua bombeada permite evaluar no solo el desempeño energético, sino también la eficiencia económica del sistema de bombeo.

$$I2 = \frac{\text{Importe de facturación eléctrica ($)}}{\text{Volumen total de agua bombeado (m}^3\text{)}} \quad (2)$$

El análisis en conjunto de los indicadores I1, I2 ofrece una visión integral de la eficiencia operativa del sistema. Mientras que "I1" mide la eficiencia en términos de

energía utilizada, "I2" proporciona información valiosa sobre los costos asociados al consumo de dicha energía. La combinación de ambos indicadores resulta crucial para identificar oportunidades de mejora tanto desde el punto de vista energético como económico. La implementación de estos indicadores facilita la toma de decisiones informadas al momento de evaluar proyectos de mejora del sistema. Por ejemplo, un aumento en el indicador "I2" podría sugerir la necesidad de renegociar tarifas o revisar penalizaciones asociadas al factor de potencia, mientras que un incremento en "I1" señalaría la posibilidad de realizar ajustes técnicos en el sistema de bombeo para optimizar su eficiencia energética. De este modo, los indicadores proporcionan una herramienta orientada tanto a la reducción de costos como a la mejora del desempeño energético.

3.5. Evaluación Técnica del Sistema de Bombeo

Una vez concluida la recopilación de información relacionada con la infraestructura hidráulica objeto de estudio, se procede a realizar la evaluación técnica con el propósito de establecer un punto de referencia del rendimiento energético del sistema. Este valor se comparará con el rendimiento esperado al aplicar las AMDEn seleccionadas. De esta manera se pretende estimar los costos y beneficios del proyecto mediante un análisis económico cuyo fin es determinar la viabilidad técnica y financiera de su implementación.

Para ello se llevan a cabo campañas de mediciones en campo para registrar parámetros eléctricos (tensión, corriente, potencia entre otros) e hidráulicos (caudal, presión, etc.) en condiciones normales de operación, con el objetivo de efectuar la evaluación técnica de los GMB. Posteriormente con los datos obtenidos en las

mediciones, se realizan cálculos para determinar otros parámetros adicionales (eficiencia eléctrica, hidráulica, electromecánica, etc.) dichos cálculos se basan en fórmulas ya establecidas (BID 2011), que se detallan a continuación.

La ecuación utilizada para calcular la carga total desarrollada por una bomba vertical (como las de la PB-0) es:

$$H_T = p_d/\gamma + Z_s + D_{r-gd} + h_{fs} + h_{vs} \quad (3)$$

Si se trata de una bomba horizontal, (como en las plantas PB-1 a PB-5):

$$H_T = p_d/\gamma - p_d/\gamma + D_{r-gs} + D_{r-gd} \quad (4)$$

La ecuación de Darcy- Weisbach para pérdidas por fricción en la tubería es:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (5)$$

La potencia hidráulica está dada por:

$$P_h = QH \gamma \quad (6)$$

La ecuación de la eficiencia electromecánica es:

$$\eta_{em} = P_h/P_m * 100 \quad (7)$$

La fórmula para la eficiencia de la bomba es:

$$\eta_b = \eta_{em}/\eta_m * 100 \quad (8)$$

3.5.1. Medición de Parámetros Hidráulicos y Eléctricos

El proceso de recolección de datos hidráulicos y eléctricos consiste en la medición y registro de diversas variables tales como, flujo volumétrico de agua, nivel de succión, presiones manométricas a la entrada y a la descarga, así como de potencia eléctrica entre otros parámetros relevantes. Para la obtención de estos datos la campaña de mediciones tanto electromecánicas como hidráulicas se realizaron de manera síncrona, las actividades de campo se organizaron en tres equipos especializados. Uno de ellos

se encargó de las mediciones electromecánicas, las cuales se efectuaron en el cuarto de control de cada planta. Otro equipo instaló el flujómetro en la tubería de descarga del GMB a evaluar y de manera simultánea otro equipo realizaba los cambios en los porcentajes de apertura de válvula. Cabe mencionar que las mediciones se hicieron simultáneamente para cada porcentaje de apertura de válvulas de manera coordinada por medio de radiocomunicación.

Para la medición de parámetros hidráulicos, específicamente de flujo, se emplearon dos tipos de flujómetros ultrasónicos, el modelo CONTROLTRON F1010 y el modelo TDS 100H este último ilustrado en la Figura 5. Adicionalmente, se utilizaron manómetros en la línea de succión y de descarga en cada uno de los grupos motor bomba.



Figura 5. Flujómetros.

Para el proceso de medición de parámetros eléctricos, se utilizó el analizador de motores y calidad eléctrica Fluke 438-II, el cual se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Analizador de redes.

Para ello, se localizó el módulo de control correspondiente al equipo a evaluar y, previa revisión de los diagramas eléctricos, se identificaron los puntos adecuados para la conexión del equipo de medición. Se emplearon pinzas de corriente modelo i400s, así como pinzas de prueba penetrante de aislamiento robustas AC89, que se muestran en la Figura 7.

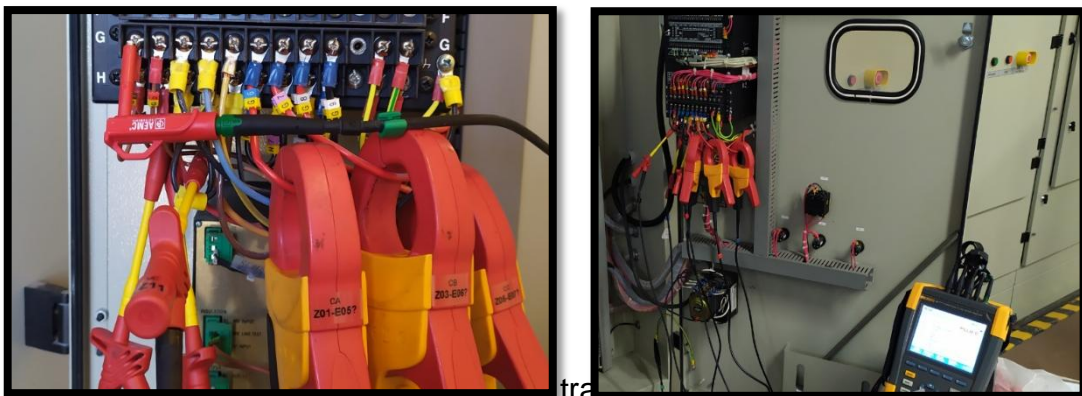


Figura 7. Instalación de los tra

El equipo responsable recopiló toda la información requerida sobre los componentes electromecánicos, registrando los datos en un formato físico preestablecido y complementando el levantamiento con evidencia fotográfica digital de los resultados obtenidos mediante el analizador de motores.

En la Figura 8 se muestra la evidencia de las tomas de lectura de los parámetros hidráulicos y electromecánicos.

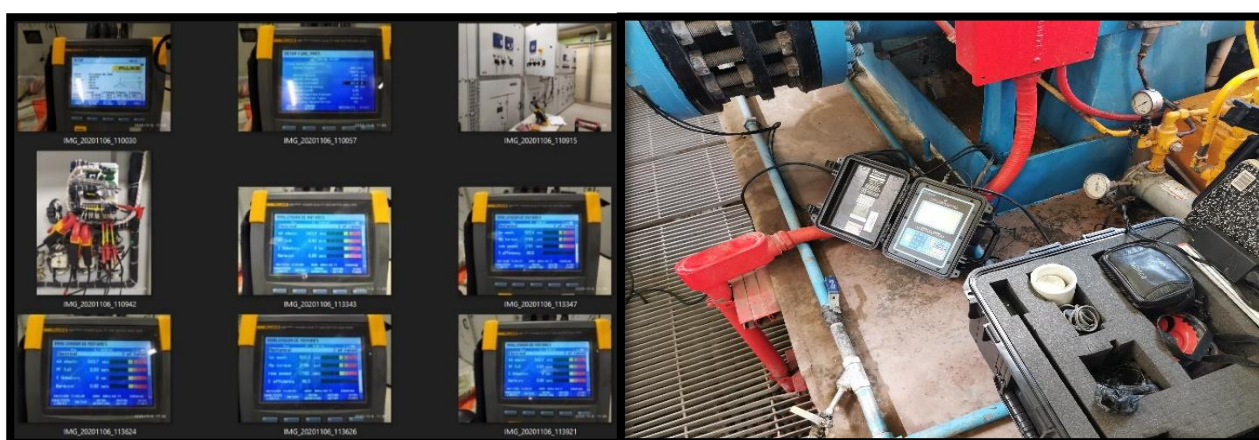


Figura 8. Mediciones en campo en el ANEM.

Con el fin de asegurar una recopilación sistemática, ordenada y trazable de los datos durante la campaña de medición, se diseñaron formatos específicos para el registro de cada una de las variables hidráulicas y electromecánicas. Estos formatos permitieron documentar de manera estructurada los valores obtenidos en campo, así como registrar información complementaria como la hora, el porcentaje de apertura de válvula, el equipo utilizado y las observaciones técnicas relevantes. Adicionalmente se obtuvo un registro fotográfico de cada medición. Esta estrategia facilitó tanto el análisis posterior como la validación cruzada de los datos entre los distintos equipos de trabajo.

En la Tabla 11 se muestran el formato de anotación de las mediciones utilizado en la campaña de medición.

Tabla 11. Formato utilizado en la medición de parámetros hidráulicos y eléctricos.

Bomba evaluada:		Bombas encendidas:			Bombas no funcionan y razón:				B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTRO	REG. EN CASETA CONTROL KW	Nivel tanque	RPM
100												

Estas mediciones se realizaron para cada una de las 6 plantas que conforman el ANEM y para cada uno de los GMB los valores obtenidos para cada equipo son mostrados en el apéndice A.

3.6. Propuestas de Acciones de Mejora de Desempeño Energético

En esta sección se proponen las acciones que tienen un impacto significativo en la mejora del desempeño energético las propuestas están basadas en la revisión de la literatura que se efectuó y que se describe en el Capítulo 2.

3.6.1. Recubrimiento en Bombas

Como se mencionó en el Capítulo 2 de este documento diferentes estudios han demostrado que la aplicación de ciertos recubrimientos a los componentes de una bomba sirve para protegerlos de erosión y/o corrosión y ayudan a reducir las pérdidas por fricción lo que repercute en un aumento del rendimiento del sistema. Los porcentajes que se reportan en los diferentes estudios varían entre un 3% y un 7%.

En esta metodología se considera la colocación del revestimiento de la marca Belzona modelo 1341. Se toma en cuenta un ahorro en el consumo eléctrico de un 4%. acorde con la literatura revisada.

Para la obtención del porcentaje de ahorro en el consumo eléctrico por esta acción se hace la suposición que la eficiencia del motor y la cantidad de agua bombeada diariamente son constantes. Por lo tanto, la variación del % de ahorro en consumo eléctrico está dada por la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de variación en kWh} = 1 - \frac{H_2 \varepsilon_1}{H_1 \varepsilon_2} \quad (9)$$

Con la finalidad de cuantificar el material necesario para la aplicación del recubrimiento interno a las bombas del ANEM, se realizaron mediciones de las dimensiones externas y/o internas de dos bombas una 3,000 y 8,000 hp, las cuales se encontraban fuera de servicio en las instalaciones del acueducto.

3.6.2. Sustitución de Solo Bombas, Solo Motores o Todo el GMB

Tomando en cuenta la información presentada en el apartado 2.1 y lo ilustrado en la Figura 1, se encontro que gran parte del consumo energético de un sistema de bombeo como el ANEM se concentra en los GMB. Estudios referenciados en dicho apartado indican que la sustitución de motores y bombas con baja eficiencia por equipos de mayor eficiencia puede reducir el consumo eléctrico entre un 10% y un 30%. Considerando que los motores y las bombas pueden experimentar una disminución en la eficiencia en momentos distintos, se propone, como AMDEN, la sustitución únicamente de la bomba, la sustitución solo del motor o la sustitución conjunta de todo el GMB.

3.6.2.1. Modelo de Regresión Polinómica de la Disminución de la Eficiencia de las Bombas con el Paso del Tiempo

Para lograr una evaluación económica más precisa y ajustada a la realidad, es necesario considerar que el rendimiento de las bombas no se mantiene constante a lo largo del tiempo. En condiciones reales de operación, estos equipos tienden a deteriorarse, lo que provoca pérdidas graduales de eficiencia. Este fenómeno debe incorporarse en el análisis para obtener estimaciones económicas más realistas.

Diversos estudios señalan que, con el paso del tiempo, el rendimiento de las bombas puede disminuir entre un 10 y 15% (ETSU, 2001), mientras que Gudbjerg (2007) reporta pérdidas de alrededor del 5% en los primeros 5 años de operación, en bombas de agua centrífugas. Según ETSU (2001) la relación entre el rendimiento de la bomba y su tiempo de servicio es curvilínea, la Figura 9 muestra gráficamente esta tendencia.

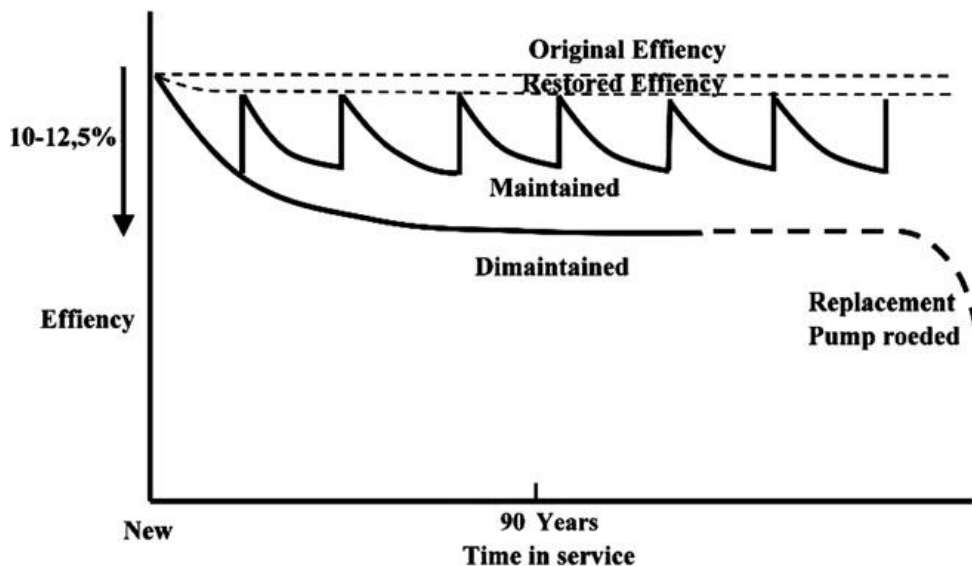


Figura 9. Cambio de la eficiencia de la bomba en el tiempo (ETSU, 2001).

Con el propósito de integrar este efecto en la evaluación técnico económica del ANEM, se propone un modelo de regresión polinómica (RP), que permite estimar la degradación del rendimiento en función del tiempo de operación. Mientras que la regresión lineal simple supone una relación lineal, la RP permite captar relaciones más complejas y no lineales. La RP ofrece mayor flexibilidad y se ha consolidado como una técnica eficaz de ajuste de curvas (Ostertagová, 2012) y se ha utilizado ampliamente en el campo de la investigación (Bowen, 2024; Anders, 2023; Patel, 2022; Sarkodie, 2023; Pang, 2022). Utiliza la siguiente ecuación para describir los fenómenos no lineales.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i^1 + \beta_2 x_i^2 + \beta_3 x_i^3 + \dots + \beta_k x_i^k + e_i, \text{ for } i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Donde, x_i , es el i^{th} valor de las variables independientes y $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_m$ son constantes.

La métrica de evaluación R-cuadrada (R^2) y los valores del error cuadrático medio (ECM) se utilizan para evaluar la precisión del modelo RP propuesto.

Considerando estas ecuaciones y utilizando la ecuación 10 se obtienen ahorros energéticos y económicos más reales.

$$AE = \sum_{i=0}^{i=9} \left(\frac{P_h}{\eta_m * \eta_{bi}} - \frac{P_h}{\eta_m * \eta_{b(i+1)}} \right) (\$/kWh_{(i+1)}) \quad (11)$$

3.7. Método de la Evaluación Económica de las AMDEn

Para determinar el potencial de disminución del consumo eléctrico al aplicar cada propuesta sometida al análisis se obtiene el ahorro energético y se presenta en porcentaje respecto al periodo de la línea base conforme a la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Ahorro energético} = \left(\frac{\text{Energía consumida en el periodo} - \text{Energía consumida al aplicar la acción}}{\text{Energía consumida en el periodo}} \right) * 100 \quad (12)$$

Las AMDEn son evaluadas respecto al cambio de consumo de energía eléctrica y expresados en MWh.

La evaluación económica de las propuestas de ahorro de energía se realiza de forma independiente (la acción de proceder en uno no afecta los desempeños financieros de los demás). Para calcular el ahorro económico por AMDEn se efectúa la conversión de las cantidades determinadas como ahorro de energía a su equivalente económico en moneda nacional. Los ahorros económicos por AMDEn representan a la entrada de efectivo por reducción en el costo de operación atribuible a la implementación de la acción (Blank et al., 2002). El método de cálculo del ahorro por acción se muestra en la siguiente ecuación.

$$\text{Ahorro económico Por AMDEn}_i = \text{Costo sin AMDEn} - \text{Costo con AMDEn}_i \quad (13)$$

Los ahorros económicos de las AMDEn se determinan a partir de los consumos de energía de la Línea Base de Energía (LBEEn), el periodo establecido cubre de noviembre 2019 a octubre de 2020 los datos se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Volumen bombeado, consumos, costos eléctricos e IDEn para la LBEEn.

Mes	Volumen de agua bombeado (m ³)	Consumo (kWh)	Costo de facturación eléctrica (MXN.)	kWh/m ³ LBEEn	MXN/m ³ LBEEn
Enero	13,929,460	57,867,450	\$111,082,832	4.15	7.97
Febrero	12,949,895	54,018,492	\$105,750,525	4.17	8.17
Marzo	14,303,459	58,764,653	\$113,042,482	4.11	7.9
Abril	14,106,650	56,517,453	\$107,721,298	4.01	7.64
Mayo	13,506,060	54,603,209	\$115,109,330	4.04	8.52
Junio	12,623,300	50,468,916	\$105,428,890	4.00	8.35
Julio	12,305,279	52,457,171	\$108,948,158	4.26	8.85
Agosto	12,829,760	50,976,556	\$106,733,720	3.97	8.32
Septiembre	12,167,745	46,814,006	\$108,851,820	3.85	8.95
Octubre	7,130,365	38,116,403	\$111,141,420	5.35	15.59

Noviembre	11,751,805	48,305,241	\$107,154,369	4.11	9.12
Diciembre	13,793,725	56,703,031	\$110,497,311	4.11	8.01
Anual	151,397,503	625,612,581	\$1,311,462,154	4.13	8.66

La tarifa eléctrica para el periodo 2020-2030 en el cual se evalúan las AMDEN se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Tarifa eléctrica aplicada para el ANEM periodo 2020-2030.

Número de año	Costo por kWh (MXN)	Tarifas Reguladas en (MXN)				Costo total por kWh (MXN.)
		Transmisión	Operación CENACE	servicios conexos no MEM	Transmisión de generación	
1	\$ 1.36	\$ 0.1737	\$ 0.0084	\$ 0.0058	\$ 0.1047	\$ 1.6526
2	\$1.42	\$ 0.1808	\$ 0.0088	\$ 0.0059	\$ 0.1079	\$ 1.7246
3	\$1.49	\$ 0.1882	\$ 0.0092	\$ 0.0060	\$ 0.1112	\$ 1.7998
4	\$1.55	\$ 0.1959	\$ 0.0096	\$ 0.0061	\$ 0.1146	\$ 1.8782
5	\$1.62	\$ 0.2039	\$ 0.0100	\$ 0.0062	\$ 0.1181	\$ 1.9600
6	\$1.69	\$ 0.2123	\$ 0.0104	\$ 0.0063	\$ 0.1217	\$ 2.0455
7	\$1.77	\$ 0.2210	\$ 0.0108	\$ 0.0064	\$ 0.1254	\$ 2.1347
8	\$1.85	\$ 0.2300	\$ 0.0113	\$ 0.0065	\$ 0.1292	\$ 2.2278
9	\$1.93	\$ 0.2394	\$ 0.0118	\$ 0.0066	\$ 0.1332	\$ 2.3251
10	\$2.02	\$ 0.2492	\$ 0.0123	\$ 0.0067	\$ 0.1373	\$ 2.4266

Con la finalidad de establecer un método de cálculo de la viabilidad económica de las distintas AMDEN, se emplea la tasa de retorno (TR) como una medida cuantitativa de la rentabilidad de los proyectos. Las AMDEN se consideran financieramente viables si la TR es igual o superior a la tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) (Blank et al., 2002).

Para propósitos del presente estudio la TMAR tiene un valor de 14%, que representa el doble de la tasa de fondeo gubernamental para el mes de marzo de 2021

(Banco de México, 2021). La manera para determinar la TR se expresa en la siguiente ecuación.

$$TR = \frac{\text{Ahorro neto}}{\text{Inversión original}} \times 100\% \quad (14)$$

Donde los ahorros netos representan a la reducción en el costo de operación atribuible a la AMDEn, mientras que la inversión original representa el primer costo de los activos de la AMDEn (incluyendo instalación y envío) (Blank et al., 2002).

Adicionalmente, las AMDEn se evalúan en base al criterio de periodo de recuperación de inversión (n), el cual representa el número de años (periodos) requeridos antes de que la inversión se pague (Blank et al., 2002).

$$\text{Ahorro anual por AMDEn} = \left[\frac{\text{Inversión original}}{(1+i_2)^n} \right] \quad (15)$$

De la ecuación anterior se despeja (n), donde (i_2) representa la inflación anual promedio del costo por el consumo de energía eléctrica desde el 2021 al 2030. Se establece que la viabilidad económica de los proyectos de AMDEn con el método de periodo de recuperación, ocurre cuando el $n < 12$.

Como método adicional se evalúan a las AMDEn por medio de la razón beneficio/costo (B/C), en la cual los beneficios (B) se refieren a las ventajas asociadas a las acciones implementadas. Los beneficios negativos (BN) son las desventajas para el propietario al realizar la acción. Los costos (C) representan los gastos anticipados por instalación, operación y mantenimiento.

La ecuación con la que se calcula el B/C es:

$$B/C = \left[\frac{B - BN}{C} \right] \quad (16)$$

La selección de las AMDEN se realiza una vez calculada la razón B/C. Un $B/C \geq 0$, significan que los beneficios extras justifican la alternativa. Si $B/C < 1$. La inversión o costo extra no se justifica y se selecciona la opción con menor costo.

3.8. Método de Selección de las AMDEN

Se selecciona como AMDEN recomendable para su implementación, a aquellas acciones técnicamente factibles y aplicables al modo de operación del ANEM y cuyos resultados son evaluados de manera individual y cumplen con los criterios económicos ya mencionados de $TR > 14\%$, $n < 12$ y $B/C \geq 1$.

3.9. Diseño de Sistema de Gestión de la Energía

Un sistema de gestión es un conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer políticas, objetivos y procesos para lograr los objetivos de mejora continua (ISO 9001:2015) utilizando la metodología planear, hacer, verificar, actuar, empleada en normas conocidas como las de calidad, medio ambiente o de energía las cuales buscan la mejora continua en las organizaciones en diferentes aspectos. A continuación, en la

Figura 10 se representan los elementos de un sistema de gestión.

En específico, un SGEN establece los sistemas y procesos para mejorar continuamente el desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de energía de una organización (NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2019) para que exista un SGEN es necesario establecer una política energética con la cual se garantice el compromiso de la organización, así como procesos de planeación y de operación que garanticen la eficiencia energética de las actividades realizadas. También

es necesario contar con procesos de revisión y mejora con los cuales se verifique los indicadores y se actúe para superar las metas establecidas.

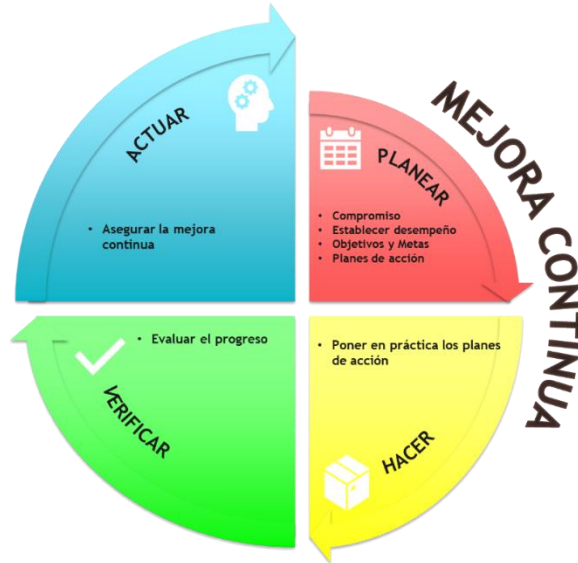


Figura 10. Elementos de un sistema de gestión (SENER, 2018).

En el presente proyecto se diseña un SGEEn apegado al estándar ISO 50001:2018, el cual está diseñado para cumplir los requisitos establecidos por la norma internacional por medio de manuales, procedimientos e instrucciones de trabajo. Con la finalidad de validar dicho cumplimiento se realiza una auditoría al sistema y se identifican los procesos que atienden cada uno de los requisitos. En la Tabla 14 se muestra un ejemplo de un formato típico utilizado en una auditoría energética.

Tabla 14. Formato de auditoría al SGEEn.

No.	Requisito	Descripción	Cumplimiento	Ubicación dentro del manual o procedimiento	Observaciones	Sugerencia

Capítulo 4

4. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la metodología descrita en el capítulo anterior. Primero, se reportan los datos derivados de las campañas de medición hidráulica y eléctrica, así como la evaluación técnica de cada GMB en las seis PB. Posteriormente, se construyen los modelos matemáticos que representan el decaimiento de la eficiencia de las bombas en función del tiempo, lo que permite estimar con mayor precisión el desempeño futuro del sistema. Finalmente, se lleva a cabo la evaluación económica de las AMDEn propuestas, comparando los ahorros energéticos y económicos respecto a la LBEn y analizando su viabilidad mediante indicadores financieros como la tasa de retorno y el periodo de recuperación de la inversión. Esta estructura permite relacionar de manera directa los hallazgos técnicos con las implicaciones económicas y operativas de su implementación.

4.1. Resultados de Mediciones y Evaluación Técnica

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones efectuadas en sitio de cada una de las bombas y disponiendo de la metodología de cálculos previamente descrita se procede a obtener los resultados de los parámetros necesarios para la evaluación del equipo de bombeo. A continuación, se muestran los cálculos realizados para el GMB 5 de la PB0 resaltando que las bombas de esta planta son de tipo vertical.

Como primer paso se determina la velocidad del fluido en la tubería de succión.

$$V_s = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4(1.44 \frac{m^3}{s})}{3.1416 * (0.612m)^2} = 4.90 \frac{m}{s}$$

Después se determina el número de Reynolds.

$$R_e = \frac{V_s * D}{\nu} = \frac{(4.90 \frac{m}{s}) * 0.612m}{9.63 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}} = 3110963.4$$

El siguiente paso es determinar el factor de fricción para régimen turbulento rugoso para lo cual se utiliza la segunda ecuación de Karmann-Prandtl.

$$f = \frac{0.25}{[\log_{10} \left(\frac{k}{D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right)]^2} = 0.012094$$

Se procede a calcular la carga por la velocidad del fluido h_v .

$$h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} = \frac{(4.9 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} = 1.225 \text{ m}$$

Para después calcular las pérdidas por fricción en la tubería de succión.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0.012094 \frac{3 \text{ m}}{0.612 \text{ m}} 1.225 \text{ m} = 0.726 \text{ m}$$

Entonces la carga total estaría dada por la ecuación (3) para bombas verticales.

$$H_T = 58 \text{ m} + 1.35 \text{ m} + 0.726 \text{ m} + 1.225 \text{ m} = 61.3 \text{ m}$$

Al tener el gasto medido y considerar el peso específico del agua a 22°C con un valor de 9.785 kN/m³ se puede calcular la potencia hidráulica P_h .

$$P_h = QH_T\gamma = 1.44 \frac{m^3}{s} * 61 \text{ m} * 9.785 \frac{kN}{m^3} = 859.51 kW$$

Al tener la potencia hidráulica calculada y la potencia eléctrica medida obtenemos la eficiencia electromecánica (η_{em}).

$$\eta_{em} = \frac{P_h}{P_m} * 100 = \frac{859.51kW}{1039 kW} * 100 = 82.72\%$$

Para la obtener la eficiencia de la bomba η_p .

$$\eta_p = \frac{\eta_{em}}{\eta_m} = \frac{82.72}{93.80} = 88.18 \%$$

En la Tabla 15 se indican los datos de las mediciones y de las eficiencias calculadas de los GMB de la PB0.

Tabla 15. Datos de mediciones y eficiencias calculadas planta PB0.

Planta de bombeo PB 0 apertura de la válvula al 100%																
GMB	Gasto Q (m³/s)	Pd (psi)	Pd (mca)	Ns (m)	Diam Int tubería succión (m)	Velocidad (Vs)	Carga por velocidad hv	No. De Reynolds Re	Factor de fricción f	Pérdidas por fricción en la succión hfs	Carga Total Ht	Potencia hidráulica calculada Ph	Potencia eléctrica medida Pe	Eficiencia electro-mecánica (η_{em})	Eficiencia del motor (η_m)	Eficiencia de la bomba (η_b)
1																
2	1.44	83	58	1.4	0.612	4.90	1.22	3.11E+06	0.01	0.07	60.99	859.37	1,048	0.820	0.939	0.873
3	1.30	84	59	1.39	0.612	4.42	1.00	2.81E+06	0.01	0.06	61.30	779.80	1,084	0.719	0.939	0.766
4	1.37	82	58	1.38	0.612	4.66	1.11	2.96E+06	0.01	0.07	60.21	807.20	1,042	0.775	0.939	0.825
5	1.44	83	58	1.35	0.612	4.90	1.22	3.11E+06	0.01	0.07	61.01	859.65	1,039	0.827	0.938	0.882

Para las plantas PB1, PB2, PB3, PB4 Y PB5, que cuentan con bombas de tipo horizontal la metodología para los cálculos fue la siguiente:

Tomando como ejemplo el GMB 2 de la planta PB1 con una apertura de la válvula del 100% la carga total del sistema se obtiene a partir de las mediciones de la presión de succión y de la presión de descarga en metros columna de agua entonces:

$$H_T = P_d - P_s = 135.22 - 15.57 = 119.65 \text{ m.}$$

La potencia hidráulica es:

$$P_h = QH_T\gamma = 1.61 \frac{m^3}{s} * 119.65 \text{ m} * 9.74 \frac{kN}{m^3} = 1876.27 \text{ kW}$$

La eficiencia electromecánica η_{em} está dada por la relación entre la potencia hidráulica calculada y la potencia eléctrica medida.

$$\eta_{em} = \frac{P_h}{P_m} * 100 = \frac{1876.27 \text{ kW}}{2590 \text{ kW}} * 100 = 72.40\%$$

La eficiencia de la bomba del GMB 2 de la planta PB1 es:

$$\eta_b = \frac{\eta_{em}}{\eta_m} = \frac{72.40}{95.80} = 75.57 \%$$

En la Tabla 16 podemos observar los datos medidos y las eficiencias calculadas con diferentes porcentajes de apertura de válvula para el GMB 5 de la planta PB1.

Tabla 16. Datos de mediciones y cálculos para el GMB 5 de la PB1.

% De apertura de la válvula	Q Gasto (m ³ /s)	Pd (psi)	Ps (psi)	Carga total HT	Potencia hidráulica calculada kW	Potencia eléctrica medida kW	Eficiencia electromecánica (η_{em})	Eficiencia del motor (η_m)	Eficiencia de la bomba (η_b)
30	1.49	220	20	142	2055	2457	0.836	0.96	0.870
40	1.6	208	20	133	2074	2509	0.827	0.96	0.861
50	1.62	202	20	129	2033	2551	0.797	0.96	0.830
60	1.64	200	20	127	2036	2562	0.795	0.96	0.828
70	1.69	200	20	127	2098	2569	0.817	0.96	0.851
80	1.67	199	20	127	2061	2575	0.801	0.96	0.834
90	1.66	198	20	126	2038	2582	0.789	0.96	0.822
100	1.69	196	20	125	2051	2598	0.789	0.96	0.822

Las mediciones obtenidas con una apertura de la válvula al 100% para cada GMB del ANEM es mostrada en la Tabla 17

Tabla 17. Tabla resumen de mediciones y cálculos GMB.

PB	GMB	Q gasto (m ³ /s)	Pd (psi)	Ps (psi)	Carga total HT	Potencia hidráulica calculada kW	Potencia eléctrica medida kW	Eficiencia electromecánica (η_{em})	Eficiencia del motor (η_m)	Eficiencia de la bomba (η_b)
0	GMB5	1.44	83	n/a	61	860	1039	0.827	0.938	0.882
0	GMB4	1.37	82.0	n/a	60	807	1042	0.775	0.939	0.825
0	GMB3	1.30	83.7	n/a	61	780	1084	0.719	0.939	0.766
0	GMB2	1.44	83	n/a	61	860	1048	0.821	0.939	0.874
1	GMB5	1.69	196	20	125	2051	2598	0.789	0.960	0.822
1	GMB4	1.59	196	21	124	1919	2448	0.784	0.961	0.816
1	GMB2	1.61	191	22	120	1876	2590	0.724	0.958	0.756
1	GMB1	1.51	202	20	129	1895	2502	0.757	0.957	0.791
2	GMB5	MB	196	28	119	2018	2635	0.766	0.948	0.808
2	GMB4	1.54	199	31	119	1789	2460	0.727	0.956	0.761
2	GMB2	1.57	198	31	118	1810	2436	0.743	0.957	0.777
2	GMB1	1.56	198	31	118	1799	2456	0.732	0.957	0.765
3	GMB5	1.77	270	97	122	2113	2585	0.817	0.958	0.853
3	GMB4	1.39	274	88	131	1784	2472	0.722	0.961	0.751
3	GMB3	1.40	269	86	129	1768	2516	0.703	0.957	0.734
3	GMB2	1.39	265	87	126	1707	2428	0.703	0.954	0.737
3	GMB1	1.38	273	94	126	1705	2464	0.692	0.954	0.725
4	GMB5	1.60	500	36	327	5120	6030	0.849	0.957	0.887
4	GMB4	1.40	510	39	332	4548	5952	0.764	0.960	0.796
4	GMB3	1.39	500	30	331	4506	5587	0.806	0.960	0.840
4	GMB2	1.58	500	30	331	5122	6514	0.786	0.959	0.820
4	GMB1	1.41	510	39	332	4580	5854	0.782	0.959	0.816
5	GMB5	1.58	515	40	335	5180	6230	0.831	0.963	0.863
5	GMB4	1.44	520	45	335	4717	6035	0.782	0.962	0.813
5	GMB3	1.38	510	46	327	4416	6068	0.728	0.963	0.756
5	GMB1	1.39	516	40	335	4563	5917	0.772	0.965	0.80

4.2. Obtención de los Modelos de Decaimiento de la Eficiencia de las Bombas

Tomando como base la revisión bibliográfica, lo indicado en 3.8.1 y basándose en puntos de referencia tales como datos nominales, medidos y previstos, se obtuvieron las ecuaciones de RP que caracterizan la disminución de la eficiencia a través del tiempo de las bombas del ANEM,

Se seleccionaron los GMB 5 de cada una de las plantas de bombeo para construir dichos modelos. Esto, debido a que los GMB tienen una antigüedad idéntica de 10 años durante los cuales no han recibido ningún tipo de mantenimiento, lo que es propicio para desarrollar un modelado tomando como referencia la eficiencia nominal indicada por el fabricante al inicio de la operación de estos equipos y la eficiencia obtenida en la campaña de medición con una apertura del 100% en las válvulas. Los valores de eficiencia calculados bajo esas condiciones se muestran en la Figura 11.

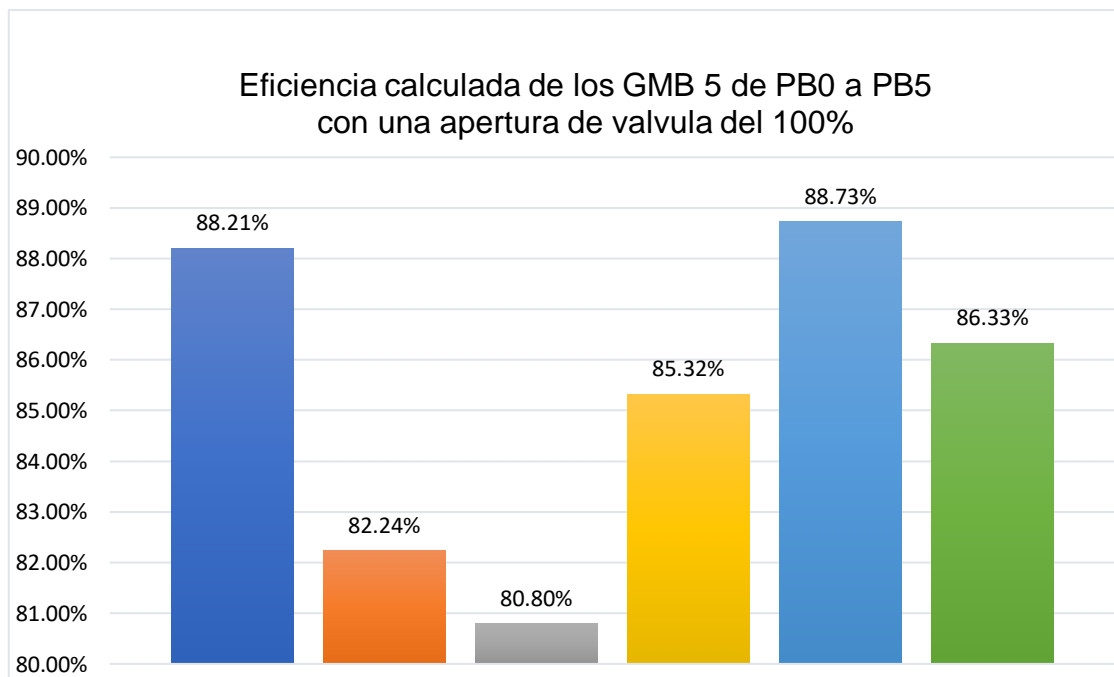


Figura 11. Valores calculados de eficiencia de los GMB 5 de PB0 a PB5.

Las plantas PB4 y PB5 cuentan con el mismo tipo de GMB, sus motores son de 8000 hp y las bombas son horizontales de dos etapas. Los datos medidos y calculados de los GMB 5 indican que ambas plantas tienen un comportamiento semejante respecto a la disminución de la eficiencia en el periodo de 10 años que tienen en funcionamiento, por este motivo se elaboró un solo modelo para la PB4 y la PB5.

En relación con la planta PB0, la figura anterior muestra que la eficiencia calculada de la bomba es de 88.21 %, valor que coincide con la eficiencia nominal del equipo. Dado que no se evidencia una disminución en el rendimiento, se determinó que no era necesario desarrollar un modelo específico para dicha planta. En la 18 se muestran los modelos propuestos y las PB donde se consideran estos modelos.

Tabla 18. Modelos para el método de decaimiento de la eficiencia en el tiempo.

Modelo	Planta
Modelo 1	PB1
Modelo 2	PB2
Modelo 3	PB3
Modelo 4	PB4 y PB5

Una vez definido los modelos se procede a obtener la ecuación RP para cada uno de ellos. La correspondiente al GMB 5 de PB1 es mostrada en la Figura 12 se observa que la eficiencia nominal de la bomba en su primer año es de 88%, sin embargo, baja a 82.24% al término de 10 años de uso, la disminución de la eficiencia es del 5.76%.

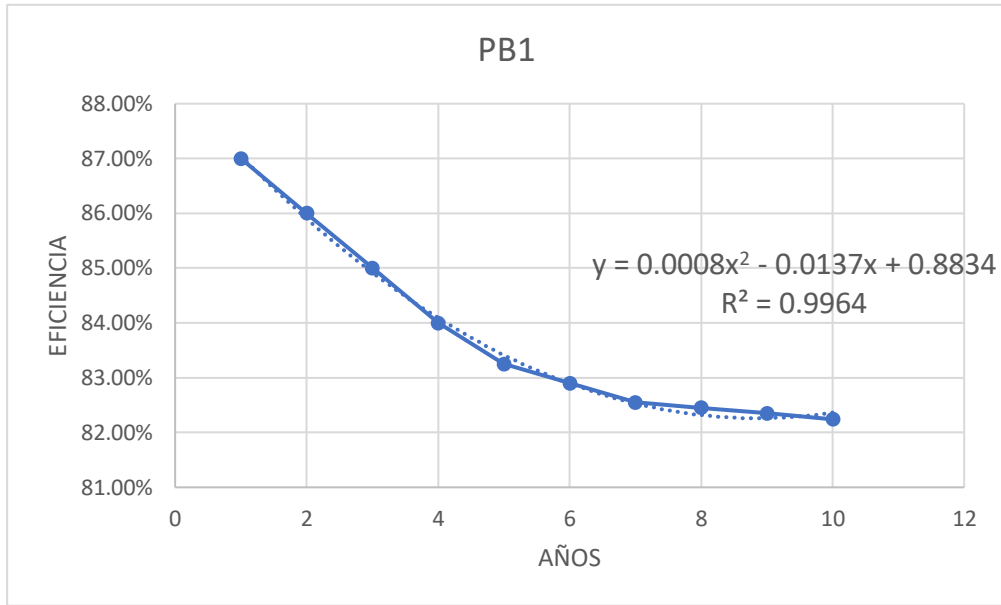


Figura 12. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB1.

Para la ecuación del GMB 5 de PB2, mostrada en la Figura 13 con el dato de la eficiencia nominal y de la calculada de 80.80% al término de 10 años de uso; la pérdida es del 7.20%.

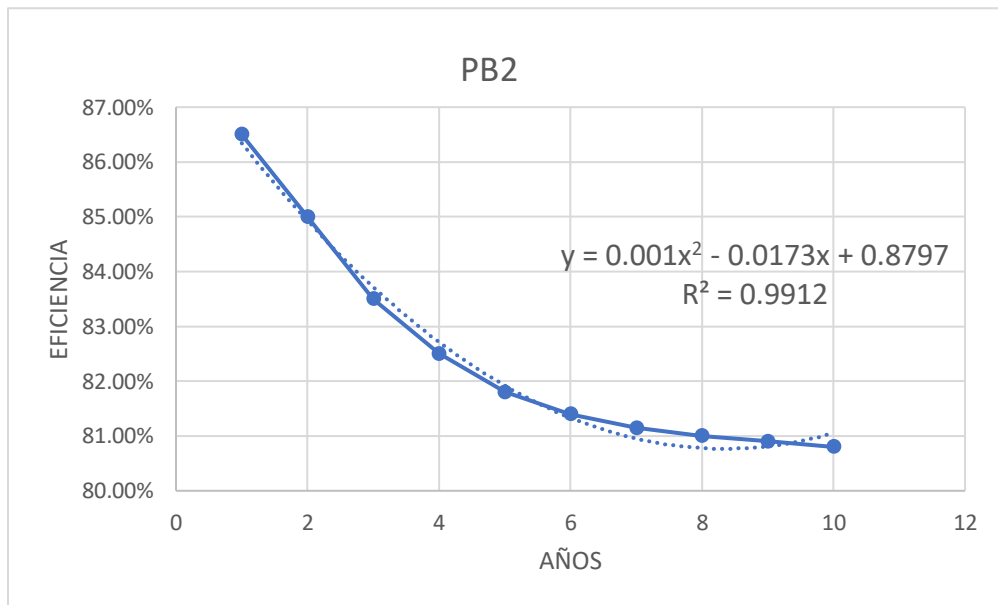


Figura 13. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB2.

En el desarrollo del modelo para el GMB 5 de PB3, se considera que la eficiencia nominal de la bomba en su primer año es de 88% y con una eficiencia calculada de 85.32% al término de 10 años de uso; la pérdida es de 2.68% el modelo se muestra en la Figura 14.

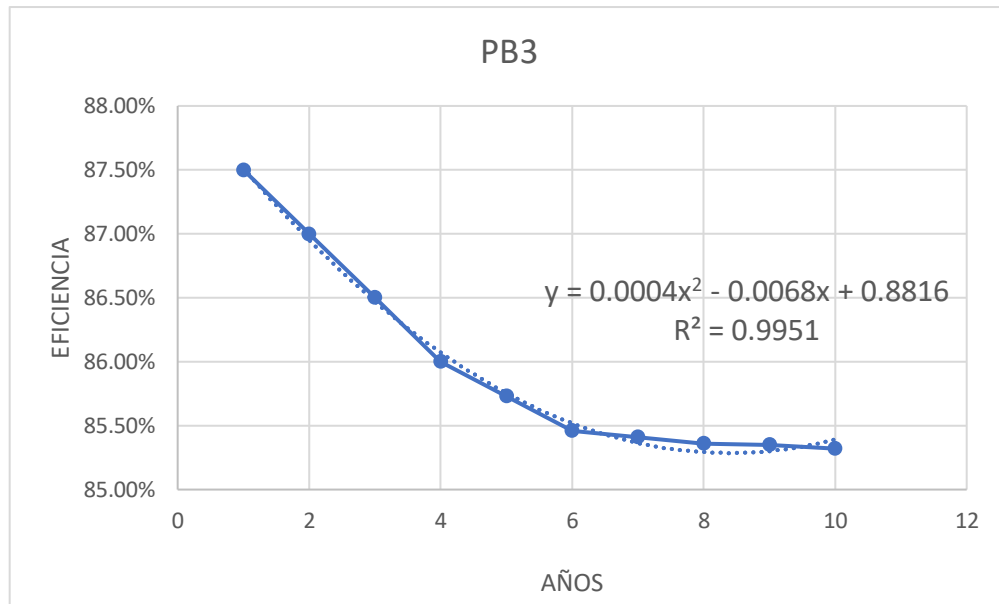


Figura 14. Función del decaimiento de la eficiencia de la bomba del GMB 5 de la PB3.

En el modelo para el GMB 5 de PB4 y PB5, se considera que la eficiencia nominal de la bomba en su primer año es de 88% y promedio de las eficiencias calculadas es de 87.53% al término de 10 años de uso, por lo que la pérdida es del 0.47% y se observa en la Figura 15.

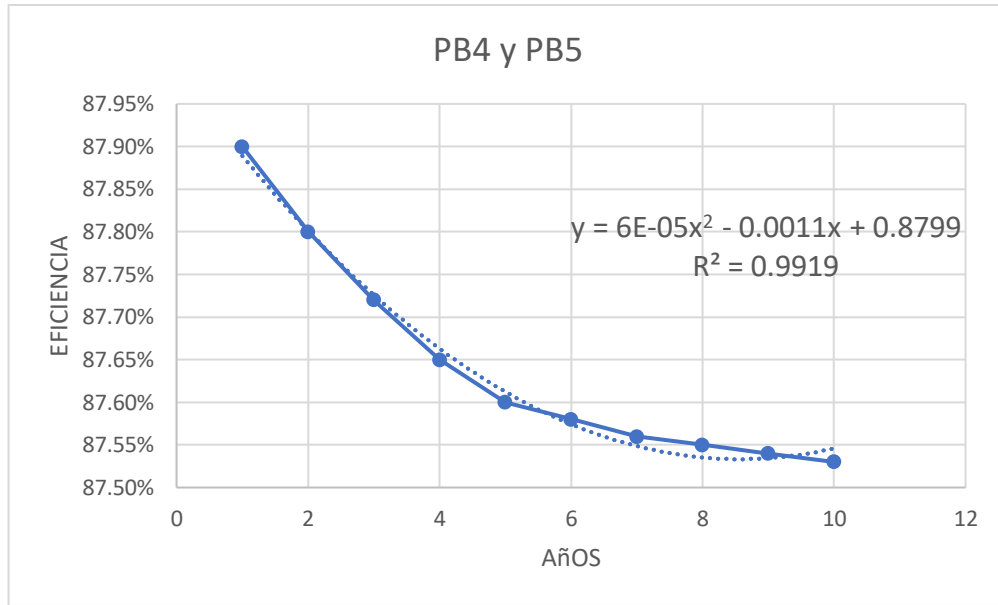


Figura 15. Función del decaimiento de la eficiencia de las bombas del GMB 5 en PB4.

En la Figura 16 se muestra un concentrado de las funciones de los modelos matemáticos de disminución de la eficiencia de las PB de IANEM

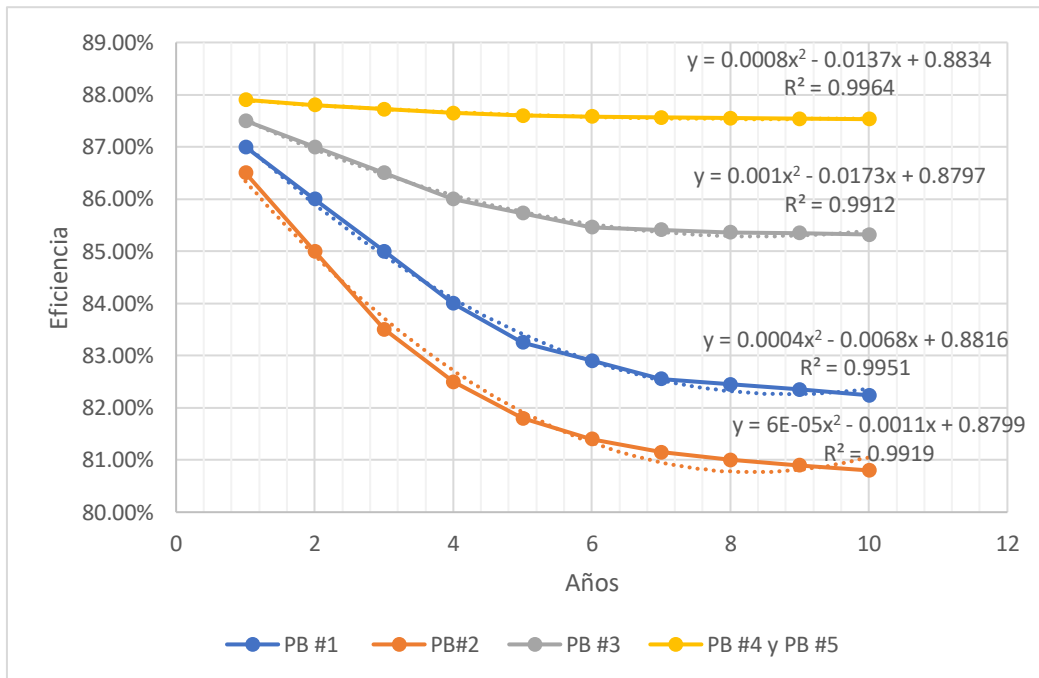


Figura 16. Concentrado de los modelos matemáticos de disminución de la eficiencia de las PB del ANEM.

4.3. Evaluación Económica de las AMDEn.

En el apartado 4.1, se presentaron los resultados derivados de las mediciones y cálculos efectuados para cada GMB; estos datos representan el comportamiento energético e hidráulico del ANEM durante su operación. Utilizando esta información, es posible determinar los ahorros energéticos y económicos que podrían alcanzarse debido a la implementación de diversas AMDEn . Estas acciones se consideran tanto como la sustitución de todo el GMB o de sus elementos de forma independiente ya sea el motor eléctrico o la bomba, así como la acción de aplicar recubrimiento epóxico en la parte interior de la voluta y del impelente de la bomba.

Para llevar a cabo la evaluación, se empleó la metodología de cálculo para la evaluación de sistemas de bombeo publicada en el Manual de Eficiencia Energética por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2011). La cual proporciona procedimientos y fórmulas que permiten calcular la eficiencia de operación mediante los datos medidos para ser comparada con la eficiencia nominal de equipos nuevos. Este enfoque metodológico permite establecer, de manera cuantitativa, el beneficio energético y económico derivado de cada acción de mejora.

El análisis se aplica para todos los GMB desde la PB0 a la PB5. Se considera, la eficiencia nominal de la bomba nueva de 88% y la del motor eléctrico nuevo de 96%; al ser los más comunes en el mercado al momento del estudio. Con base en ello, las AMDEn evaluadas fueron:

- 1) AMDEn 1: Sustitución únicamente del motor por uno con eficiencia del 96 %.
- 2) AMDEn 2: Sustitución únicamente de la bomba por una con eficiencia del 88 %.

- 3) AMDEn 3: Sustitución completa del GMB (motor + bomba).
- 4) AMDEn 4: Aplicación de recubrimiento epóxico en el impulsor y la voluta de las bombas.

4.3.1. Evaluación Económica de la Sustitución de Motores

El primer escenario evaluado corresponde a la AMDEn 1, que contempla la sustitución de motores eléctricos.

En la Tabla 19 se muestran los resultados obtenidos de la evaluación económica de esta acción. Cabe destacar que la rentabilidad no fue uniforme en todos los casos: únicamente algunos motores presentaron indicadores financieros aceptables, particularmente para los motores de los GMB 2, 3, 4 y 5 de la PB0, así como el motor del GMB 5 de la PB2.

En contraste, en el resto de los equipos la inversión resultó no rentable debido a que sus motores ya operan con niveles de eficiencia relativamente altos, lo cual limita el margen de mejora.

Tabla 19. Evaluación de la AMDEn 1 sustitución de motores.

PB	GMB	Eficiencia actual del motor	Eficiencia de la bomba actual	Tasa de Retorno (TR)	Periodo de recuperación de inversión (n)	Beneficio-Costo (BC)	Recomendación
0	2	93.9	87.32	15%	8	1.15	Se acepta
0	3	93.9	77.2	19%	8	1.19	Se acepta
0	4	93.9	82.5	15%	8	1.15	Se acepta
0	5	93.8	88.21	20%	7	1.20	Se acepta
1	1	95.9	79.92	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
1	2	95.9	81	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
1	4	96.1	85.68	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
1	5	96.1	87.03	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
2	1	95.6	81.65	-57%	18	0.43	Se rechaza
2	2	95.7	80.23	-33%	12	0.67	Se rechaza
2	4	95.6	78.68	-79%	29	0.21	Se rechaza
2	5	94.8	80.8	38%	7	1.38	Se acepta

3	1	95.4	73.18	-36%	13	0.64	Se rechaza
3	2	95.4	73.7	-36%	13	0.64	Se rechaza
3	3	95.7	73.42	-67%	21	0.33	Se rechaza
3	4	96.1	75.1	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
3	5	95.8	85.32	-77%	27	0.23	Se rechaza
4	1	95.8	82.38	-64%	20	0.36	Se rechaza
4	2	95.9	78.34	-80%	30	0.20	Se rechaza
4	3	96	84.23	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
4	4	96	79.93	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
4	5	95.8	88.25	-64%	20	0.36	Se rechaza
5	1	96.5	80.39	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
5	3	96.3	75.57	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
5	4	96.2	81.25	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
5	5	96.3	83.08	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza

De manera complementaria, la Tabla 20 presenta los IDEn proyectados tras aplicar esta medida. Dichos valores permiten evaluar el impacto global en el consumo y costo de energía eléctrica .

Tabla 20. IDEn para la sustitución de motores.

Mes	Consumo (kWh)	Facturación (MXN)	kWh / m ³	MXN / m ³
Enero	57,785,830	\$110,776,361	4.15	7.95
Febrero	53,936,872	\$103,397,847	4.17	7.98
Marzo	58,683,033	\$112,496,314	4.10	7.86
Abril	56,435,833	\$108,188,396	4.00	7.67
Mayo	54,521,589	\$104,518,759	4.04	7.74
Junio	50,387,296	\$96,593,253	3.99	7.65
Julio	52,375,551	\$100,404,770	4.26	8.16
Agosto	50,894,936	\$97,566,407	3.97	7.60
Septiembre	46,732,386	\$89,586,732	3.84	7.36
Octubre	38,034,783	\$72,913,288	5.33	10.23
Noviembre	48,223,621	\$92,445,454	4.10	7.87
Diciembre	56,621,411	\$108,544,152	4.10	7.87

Anual	624,633,146	\$1,197,431,735	4.17	7.99
-------	-------------	-----------------	------	------

En esta tabla se aprecia que, aunque se logra una ligera mejora en los indicadores de consumo específico de energía (kWh/m³) y costo unitario por metro cúbico bombeado, los beneficios no resultan lo suficientemente significativos como para recomendar la sustitución de motores en todos los GMB. Esto refuerza la idea de que la medida solo es viable en equipos específicos con condiciones particulares de bajo rendimiento.

4.3.1. Evaluación Económica de la Sustitución de Bombas

En una segunda etapa se analizó la AMDEn 2, que consiste en la sustitución de bombas de bajo rendimiento por nuevas unidades con una eficiencia nominal del 88 %. Esta medida busca reducir las pérdidas hidráulicas internas asociadas al desgaste, la corrosión de las bombas actualmente en operación. En la Tabla 21 se resumen los resultados de la evaluación económica de la acción.

Tabla 21. Evaluación de la AMDEn 2 sustitución de bomba

PB	GMB	Eficiencia actual del motor	Eficiencia de la bomba actual	Tasa de Retorno (TR)	Periodo de recuperación de inversión (n)	Beneficio-Costo (BC)	Recomendación
0	2	93.9	87.32	-83%	33	0.17	Se rechaza
0	3	93.9	77.2	186%	3	2.86	Se acepta
0	4	93.9	82.5	40%	6	1.40	Se acepta
0	5	93.8	88.21	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
1	1	95.9	79.92	39%	7	1.39	Se acepta
1	2	95.9	81	103%	5	2.03	Se acepta
1	4	96.1	85.68	-100%	No Aplica	0.00	Se acepta
1	5	96.1	87.03	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
2	1	95.6	81.65	-70%	23	0.30	Se rechaza
2	2	95.7	80.23	20%	7	1.20	Se acepta
2	4	95.6	78.68	78%	5	1.78	Se acepta
2	5	94.8	80.8	-19%	10	0.81	Se rechaza
3	1	95.4	73.18	545%	2	6.45	Se acepta

3	2	95.4	73.7	518%	2	6.18	Se acepta
3	3	95.7	73.42	555%	2	6.55	Se acepta
3	4	96.1	75.1	457%	2	5.57	Se acepta
3	5	95.8	85.32	-70%	23	0.30	Se rechaza
4	1	95.8	82.38	340%	2	4.40	Se acepta
4	2	95.9	78.34	766%	1	8.66	Se acepta
4	3	96	84.23	173%	4	2.73	Se acepta
4	4	96	79.93	559%	2	6.59	Se acepta
4	5	95.8	88.25	-100%	No Aplica	0.00	Se rechaza
5	1	96.5	80.39	514%	2	6.14	Se acepta
5	3	96.3	75.57	949%	1	10.49	Se acepta
5	4	96.2	81.25	452%	2	5.52	Se acepta
5	5	96.3	83.08	304%	2	4.04	Se acepta

A diferencia de lo ocurrido con los motores, la sustitución de bombas presenta un mayor potencial de mejora, ya que existen equipos con eficiencias muy por debajo del estándar de referencia. Se considera la sustitución de las bombas de los GMB 3 y 4 para la planta PB0, las bombas de los GMB 1 y 2 de la planta PB1, las bombas de los GMB 2 y 4 de la planta PB2, las bombas de los GMB 2, 3 y 4 de la planta PB 3, las bombas de los GMB 1, 2, 3 y 4 de la planta PB4 y por último las bombas de los GMB 1, 3, 4 y 5 de la planta PB5.

Con el propósito de complementar el análisis en la Tabla 22 se presentan los IDEn resultantes de la implementación de esta medida.

Tabla 22. IDEn con sustitución de bombas.

Mes	Consumo (kWh)	Facturación (MXN)	kWh / m ³	MXN / m ³
Enero	53,658,605	\$102,864,403.36	3.85	7.38
Febrero	49,809,647	\$95,485,889.30	3.85	7.37
Marzo	54,555,808	\$104,584,355.87	3.81	7.31
Abril	52,308,608	\$100,276,437.52	3.71	7.11
Mayo	50,394,364	\$96,606,801.14	3.73	7.15

Junio	46,260,071	\$88,681,295.31	3.66	7.03
Julio	48,248,326	\$92,492,811.96	3.92	7.52
Agosto	46,767,711	\$89,654,449.31	3.65	6.99
Septiembre	42,605,161	\$81,674,774.36	3.50	6.71
Octubre	33,907,558	\$65,001,330.25	4.76	9.12
Noviembre	44,096,396	\$84,533,495.72	3.75	7.19
Diciembre	52,494,186	\$100,632,193.51	3.81	7.30
Anual	575,106,435	\$1,102,488,237.61	3.80	7.28

De los resultados puede inferirse que la sustitución de bombas representa una medida más efectiva que la sustitución de motores, tanto en términos de eficiencia energética como de viabilidad económica.

4.3.2. Evaluación Económica de la Sustitución de GMB

La AMDEn 3 contempla la sustitución integral del GMB . Esta medida asocia tanto las pérdidas eléctricas en el motor como las pérdidas hidráulicas en la bomba. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 23.

Tabla 23. Evaluación de sustitución de motor y bomba.

PB	GMB	Eficiencia actual del motor	Eficiencia de la bomba actual	Tasa de Retorno (TR)	Periodo de recuperación de inversión (n)	Beneficio-Costo (BC)	Recomendación
0	2	93.9	87.32	-54%	16	0	Se rechaza
0	3	93.9	77.2	132%	4	3	Se acepta
0	4	93.9	82.5	30%	7	1	Se acepta
0	5	93.8	88.21	-100%	No Aplica	0	Se rechaza
1	1	95.9	79.92	-100%	No Aplica	1	Se rechaza
1	2	95.9	81	-100%	No Aplica	2	Se rechaza
1	4	96.1	85.68	-100%	No Aplica	0	Se rechaza
1	5	96.1	87.03	-100%	No Aplica	0	Se rechaza
2	1	95.6	81.65	-66%	21	0	Se rechaza
2	2	95.7	80.23	-7%	9	1	Se rechaza
2	4	95.6	78.68	37%	7	2	Se acepta
2	5	94.8	80.8	-2%	9	1	Se rechaza
3	1	95.4	73.18	367%	2	6	Se acepta

3	2	95.4	73.7	349%	2	6	Se acepta
3	3	95.7	73.42	367%	2	7	Se acepta
3	4	96.1	75.1	-100%	No Aplica	6	Se rechaza
3	5	95.8	85.32	-72%	24	0	Se rechaza
4	1	95.8	82.38	218%	3	4	Se acepta
4	2	95.9	78.34	511%	2	9	Se acepta
4	3	96	84.23	-100%	No Aplica	3	Se rechaza
4	4	96	79.93	-100%	No Aplica	7	Se rechaza
4	5	95.8	88.25	-100%	No Aplica	0	Se rechaza
5	1	96.5	80.39	-100%	No Aplica	6	Se rechaza
5	3	96.3	75.57	-100%	No Aplica	10	Se rechaza
5	4	96.2	81.25	-100%	No Aplica	6	Se rechaza
5	5	96.3	83.08	-100%	No Aplica	4	Se rechaza

Los valores de la Tabla 23 muestran que esta acción no es justificable en la mayoría de los equipos.

Después de aplicar la acción de sustituir todo el GMB 3 y 4 de la planta PB0, el GMB 4 de la planta PB2, GMB 1, 2 y 3 de la planta PB3 además de los GMB 1 y 2 de la planta PB4 los IDEn para esta acción quedarían como se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24. IDEn para la sustitución de GMB.

Mes	Consumo (kWh)	Facturación (MXN)	kWh / m ³	MXN / m ³
Enero	56,076,024	\$107,498,635.86	4.03	7.72
Febrero	52,227,066	\$100,120,121.79	4.03	7.73
Marzo	56,973,227	\$109,218,588.37	3.98	7.64
Abril	54,726,027	\$104,910,670.02	3.88	7.44
Mayo	52,811,783	\$101,241,033.64	3.91	7.50
Junio	48,677,490	\$93,315,527.81	3.86	7.39
Julio	50,665,745	\$97,127,044.46	4.12	7.89
Agosto	49,185,130	\$94,288,681.81	3.83	7.35
Septiembre	45,022,580	\$86,309,006.86	3.70	7.09
Octubre	36,324,977	\$69,635,562.75	5.09	9.77

Noviembre	46,513,815	\$89,167,728.22	3.96	7.59
Diciembre	54,911,605	\$105,266,426.01	3.98	7.63
Anual	604,115,473	\$1,158,099,027.60	3.99	7.65

4.3.3. Evaluación Económica del Recubrimiento Epóxico a las Bombas

La inversión económica que supone la aplicación de un recubrimiento en las partes húmedas de la bomba, es decir el impulsor y la parte interna de la voluta, se observa en la Tabla 25, la cual indica los metros cuadrados necesarios que se deben cubrir para cada bomba. El costo de la implementación del recubrimiento en todos los equipos de ANEM incluye tanto el material como la mano de obra, considerando que el personal de mantenimiento del acueducto llevaría a cabo esta tarea, ya que se considera relativamente sencilla.

Tabla 25. Costo de la aplicación del recubrimiento a las bombas del ANEM

Planta	Potencia de bombas (hp)	Costo de aplicar recubrimiento por bomba (MXN)	Área estimada a cubrir por bomba (m ²)	Costo total por PB (MXN)
PB#0	1500	\$ 63,171.67	4.5	\$ 315,858.33
PB#1	3000	\$ 192,041.87	11	\$ 960,209.33
PB#2	3000	\$ 192,041.87	11	\$ 960,209.33
PB#3	3000	\$ 192,041.87	11	\$ 960,209.33
PB#4	8000	\$ 277,955.33	16	\$ 1,389,776.67
PB#5	8000	\$ 277,955.33	16	\$ 1,389,776.67

Para la evaluación del ahorro energético se tomó como referencia el consumo y el costo eléctrico obtenidos establecidos en la LBE y aplicando los factores de reducción de consumo asociados al revestimiento, tal como se describe en la metodología. En este análisis se asumió que el consumo registrado en los recibos de energía eléctrica

corresponde exclusivamente a la operación de las plantas de bombeo, por lo que se despreciaron las cargas asociadas a oficinas, iluminación u otros usos distintos al bombeo.

Adicionalmente, la acción fue evaluada desde una perspectiva económica, con el propósito de determinar su factibilidad financiera. Para ello se empleó la misma metodología utilizada en la valoración de las AMDEn 1, 2 y 3. En la Tabla 26, se muestra la reducción estimada en el consumo eléctrico, así como los ahorros económicos potenciales derivados de la aplicación del recubrimiento en las bombas del ANEM.

Tabla 26. Potencial de ahorro en el costo eléctrico de la AMDEn 4.

Mes	Consumo eléctrico actual (kWh)	Costo eléctrico total actual (MXN)	Consumo con recubrimiento (kWh)	Costo eléctrico con recubrimiento (MXN)	Ahorro económico por recubrimiento (MXN.)
Ene	57,867,450	\$ 110,932,828	55,552,752	\$ 106,495,514	\$ 4,437,313
Feb	54,018,492	\$ 103,554,313	51,857,752	\$ 99,412,141	\$ 4,142,173
Mar	58,764,653	\$ 112,652,780	56,414,067	\$ 108,146,669	\$ 4,506,111
Abril	56,517,453	\$ 108,344,862	54,256,755	\$ 104,011,067	\$ 4,333,794
May	54,603,209	\$ 104,675,225	52,419,080	\$ 100,488,216	\$ 4,187,009
Jun	50,468,916	\$ 96,749,719	48,450,159	\$ 92,879,730	\$ 3,869,989
Jul	52,457,171	\$ 100,561,237	50,358,885	\$ 96,538,787	\$ 4,022,449
Ago	50,976,556	\$ 97,722,874	48,937,494	\$ 93,813,959	\$ 3,908,915
Sep	46,814,006	\$ 89,743,199	44,941,446	\$ 86,153,471	\$ 3,589,728
Oct	38,116,403	\$ 73,069,755	36,591,747	\$ 70,146,965	\$ 2,922,790
Nov	48,305,241	\$ 92,601,920	46,373,031	\$ 88,897,843	\$ 3,704,077
Dic	56,703,031	\$ 108,700,618	54,434,910	\$ 104,352,593	\$ 4,348,025
Anual	625,612,582	\$ 1,199,309,329	600,588,078	\$ 1,151,336,956	\$ 47,972,373

El resultado de la evaluación económica muestra la factibilidad de aplicar esta acción como se observa en la Tabla 27 donde se observa una Tasa de Retorno extraordinariamente elevada, acompañada de un periodo de recuperación de inversión prácticamente inmediato.

Tabla 27. Evaluación de la AMDEn 4 recubrimiento epóxico.

Inversión (MXN)	Ahorro económico en 10 años	Tasa de Retorno (TR)	Periodo de recuperación de inversión (n)	Beneficio-Costo (BC)	Recomendación
\$ 5,976,039	\$ 585,645,547	9700%	0.2	97.99	Se acepta

Adicionalmente en la Tabla 28. Se muestran los IDEn después de aplicar esta acción, donde se refleja claramente la mejora en el desempeño energético del ANEM

Tabla 28. IDEn con recubrimiento epóxico.

Mes	Consumo (kWh)	Facturación (MXN)	kWh / m ³	MXN / m ³
Enero	55,552,752	\$106,495,514	3.99	7.65
Febrero	51,857,752	\$99,412,141	4.00	7.68
Marzo	56,414,067	\$108,146,669	3.94	7.56
Abril	54,256,755	\$104,011,067	3.85	7.37
Mayo	52,419,080	\$100,488,216	3.88	7.44
Junio	48,450,159	\$92,879,730	3.84	7.36
Julio	50,358,885	\$96,538,787	4.09	7.85
Agosto	48,937,494	\$93,813,959	3.81	7.31
Septiembre	44,941,446	\$86,153,471	3.69	7.08
Octubre	36,591,747	\$70,146,965	5.13	9.84
Noviembre	46,373,031	\$88,897,843	3.95	7.56
Diciembre	54,434,910	\$104,352,593	3.95	7.57
Anual	600,588,078	\$1,151,336,956	3.97	7.60

Finalmente, en la Figura 17 se presenta un comparativo gráfico de los IDEn alcanzados con esta medida, lo que permite visualizar de manera integral su impacto positivo en la operación.

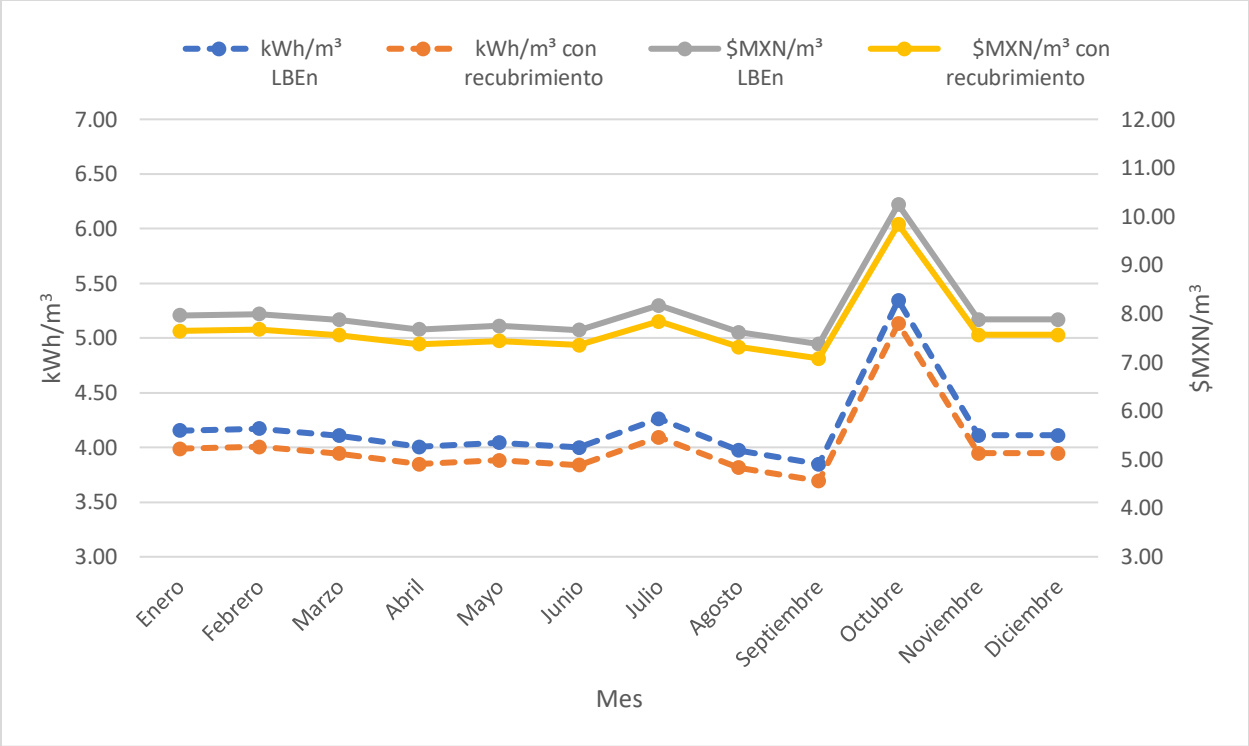


Figura 17. Comparativo de los IDEn de la AMDEn 4

Los resultados permiten concluir que la aplicación del recubrimiento epóxico es, entre todas las medidas evaluadas, la acción más económicamente viable para el ANEM, constituyendo una alternativa de bajo costo y alto impacto para mejorar la eficiencia global del sistema de bombeo.

Capítulo 5

5. Sistema de Gestión de la Energía

En este capítulo se presenta el diseño del Sistema del SGEEn implementado en el ANEM. Este sistema se concibe como un conjunto de elementos interrelacionados que permiten planificar, ejecutar, verificar y mejorar de forma continua el desempeño energético, en cumplimiento con los lineamientos establecidos en la Norma ISO 50001:2018 y su equivalente nacional NMX-J-SAA-50001-ANCE-IMNC-2019.

El SGEEn propuesto está sustentado en tres componentes fundamentales:

1. Manual de la Energía.
2. Procedimientos del Sistema (PS).
3. Procedimientos Generales (PG).

Estos elementos, en conjunto, conforman la estructura documental que garantiza la correcta operación, mantenimiento y mejora continua del desempeño energético en el acueducto. En la Tabla 29 se presenta la organización de la información documentada.

Tabla 29. Estructura documental del SGEEn.

Manual	Procedimientos del Sistema	Procedimientos Generales
Manual de la Energía (MN--)	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento de Información Documentada (PS-SGEn-01). • Procedimiento revisión directiva (PS-SGEn-02). • Procedimiento auditoría interna (PS-SGEn-03). • Gestión digital de documentos (PS-SGEn-04). • Producto no conforme (PS-SGEn-05). • Acciones correctivas. (PS-SGEn-06). • Atención al buzón (PS-SGEn-07). • Mejora continua 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación de los requisitos legales (PG-OPyMM-01). • Diseño(PG-PyP01). • Adquisición(PGPyP-02). • Planeación (PGSGEn-01). • Planeación (PG-SGEn-01). • Competencia (PG-SGEn-02).

	(PS-SGEn-08).	
--	---------------	--

5.1. Manual de la energía

El Manual de la Energía es el documento rector del SGEn, en el que se describe la interacción entre procesos, los responsables de su ejecución y las políticas energéticas de la organización. Su índice se ha estructurado de acuerdo con los requisitos de la Norma ISO 50001:2018, asegurando la alineación con estándares internacionales. representa una guía para el usuario del funcionamiento e interacción de los procesos.

Índice		
1. Objeto y campo de aplicación	3	
2. Referencias normativas	3	
3. Términos y definiciones	3	
4. Contexto de la organización	4	
4.1. Comprensión de la organización y su contexto	4	
4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas	6	
4.3. Determinación del alcance del Sistema de Gestión de la Energía	8	
4.4. Sistema de Gestión de la Energía y sus procesos	8	
5. Liderazgo	9	
5.1. Liderazgo y Compromiso con el SGEn	9	
5.2. Política Energética	10	
5.3. Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	10	
6. Planificación	11	
6.1. Acciones para abordar riesgos y oportunidades	11	
6.2. Objetivos, metas energéticas.	11	
6.3. Revisión energética	12	
6.4. Indicadores de Desempeño Energético	13	
6.5. Línea de base energética	13	
6.6. Planificación	13	
7. Apoyo	14	
7.1. Recursos	14	
7.2. Competencia	14	
7.3. Toma de Conciencia	15	
7.4. Comunicación	15	
7.5. Información Documentada	15	
8. Operación	17	
		8.1. Planificación y control operacional 17
		8.2. Diseño 18
		8.3. Adquisición 18
		9. Evaluación del desempeño 18
		9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGEn 18
		9.2. Auditoría Interna 19
		9.3. Revisión por la Dirección 20
		10. Mejora 21
		10.1. No conformidad y acción correctiva 21
		10.2. Mejora Continua 21
		Anexos 21

Figura 18. Índice del Manual de la energía.

Este manual constituye una guía práctica para el personal del ANEM, estableciendo roles y responsabilidades, así como el marco de referencia para la toma de decisiones en materia energética. En la Figura 18 se muestra el índice del manual,

mientras que la gestión de la energía.

Figura 19 presenta la estructura organizacional del equipo de

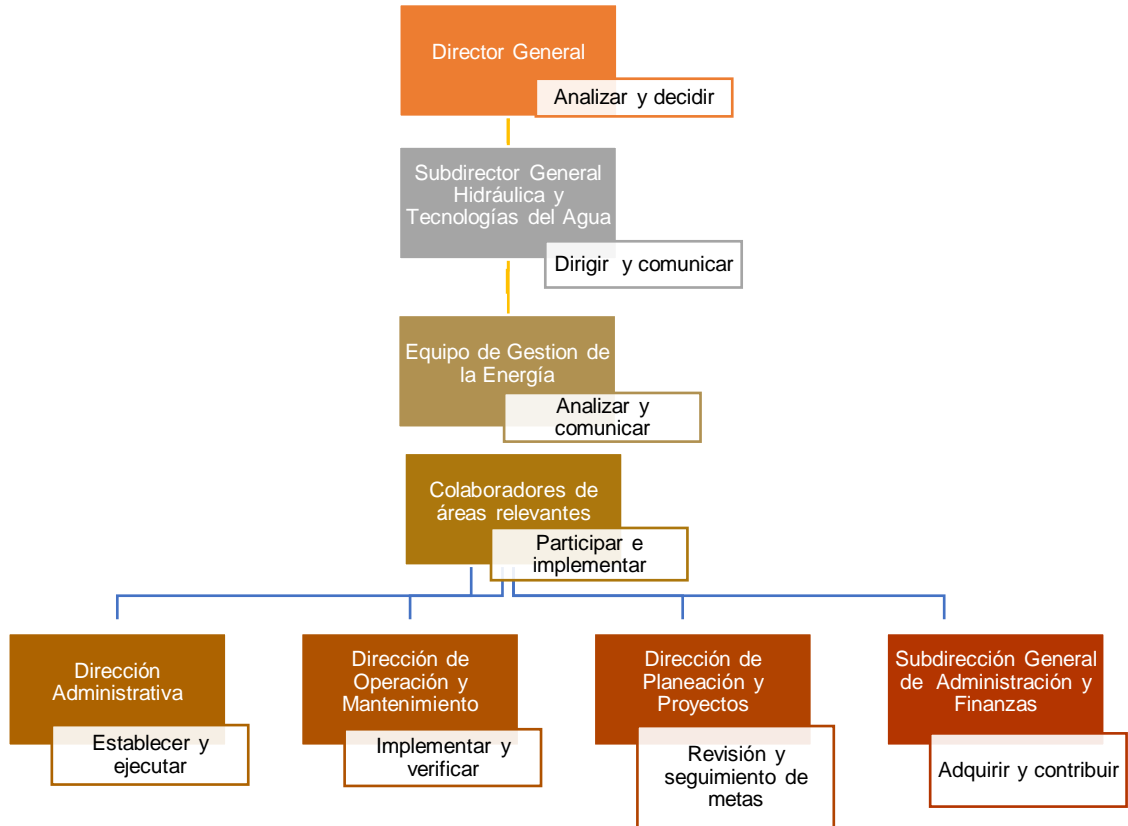


Figura 19. Estructura del SGEEn.

5.2. Diseño de procedimientos del sistema

El SGEEn cuenta con procedimientos documentados que garantizan la adecuada operación administrativa, técnica y de mejora continua. Los Procedimientos del Sistema (PS) cubren aspectos como:

- Información documentada (PS-SGEn-01).
- Revisión directiva (PS-SGEn-02).
- Auditoría interna (PS-SGEn-03).
- Gestión digital de documentos (PS-SGEn-04).
- Producto no conforme (PS-SGEn-05).
- Acciones correctivas (PS-SGEn-06).
- Atención al buzón de sugerencias (PS-SGEn-07).
- Mejora continua (PS-SGEn-08).

Cada procedimiento incluye entradas, salidas, responsables, recursos requeridos e indicadores de desempeño, lo que permite su monitoreo y evaluación sistemática. Estos procedimientos son descritos en los siguientes apartados.

5.2.1. Procedimiento de Información Documentada (PS-SGEn-01)

Este procedimiento elabora y controla a los documentos y registros del SGEEn y de todos los documentos que afectan el desempeño energético de los ANEM. La secuencia de actividades para desarrollar este procedimiento se describe en la Figura 20.

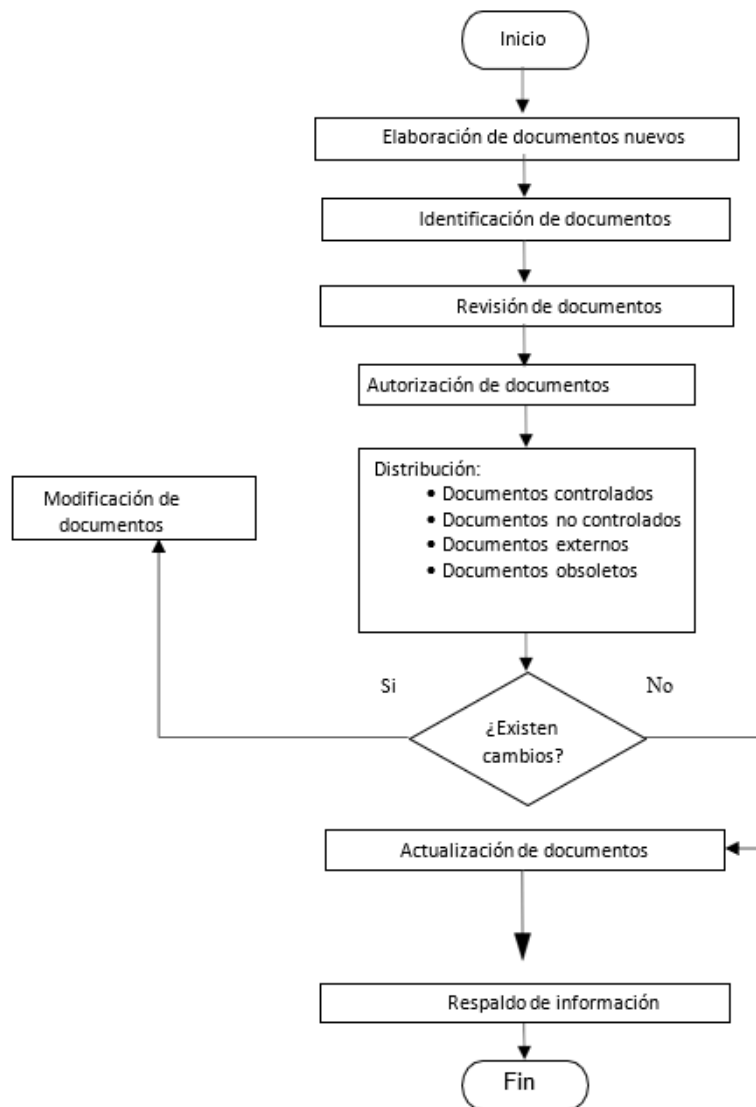


Figura 20. Flujo de actividades para el control de documentos.

5.2.2. Procedimiento Revisión Directiva (PS-SGEn-02)

Este procedimiento establece una revisión del SGEn del ANEM a intervalos planificados para asegurar su conveniencia, adecuación, eficacia, mejora continua y alineación con los requisitos establecidos en la política y objetivos del SGEn y aplica a

todos sus procesos. A continuación, se describen las actividades y responsabilidades del procedimiento:

- **Planeación.**

Las revisiones por la dirección se llevan a cabo cuatro veces al año. Se establece un programa al inicio del año “Programa de Revisiones por Dirección” (SGE-P-RD01), el cual es autorizado por el director general y difundido por la Dirección de Operación y Mantenimiento al personal del SGEEn.

- **Preparación de la reunión.**

Será una reunión entre los directivos de la organización y el personal que constituye la organización. Previamente se deben realizar las auditorías internas correspondientes y los resultados deben ser presentados en la revisión directiva.

- **Información de entrada.**

Entradas para la revisión por la dirección:

- El estado de las acciones de las revisiones previas por la dirección.
- Cambios en las cuestiones internas y externas, los riesgos asociados y las
 - oportunidades pertinentes para el SGEEn.
- Información sobre el desempeño del SGEEn, incluyendo las tendencias en:
- No conformidades y acciones correctivas.
- Resultados del seguimiento y las mediciones.
- Resultados de las auditorías.
- Resultados de la evaluación del cumplimiento con los requisitos legales y
 - otros requisitos.
- Oportunidades para la mejora continua, incluyendo las referidas a la

- competencia.
 - La política energética.
 - El grado de cumplimiento de los objetivos y las metas energéticas.
 - El desempeño energético y las mejoras del desempeño energético, con
 - base en los resultados del seguimiento y las mediciones, incluyendo los IDEn.
 - El estado de los planes de acción.
- **Información de salida.**

Las salidas dadas por la dirección deben incluir las decisiones que se relacionan con las oportunidades de mejora continua y cualquier necesidad de cambios al SGEEn, incluyendo:

- Las oportunidades para mejorar el desempeño energético.
- La política energética.
- Los IDEn o las LBEn.
- Los objetivos, las metas energéticas, los planes de acción u otros elementos
 - del SGEEn, y las acciones a ser tomadas si no se alcanzan.
- Las oportunidades para mejorar la integración con los procesos del negocio.
- La asignación de recursos.
- La mejora de la competencia, de la toma de conciencia y de la comunicación.

5.2.3. Procedimiento Auditoría Interna (PS-SGEn-03)

En este procedimiento se establece la metodología que se utiliza para realizar las auditorías internas en el ANEM para verificar la conformidad del SGEn con la Norma ISO 50001:2018 y aplica a todos los documentos, procesos y funciones que se encuentran dentro del alcance del SGEn y se muestra en la Figura 21.

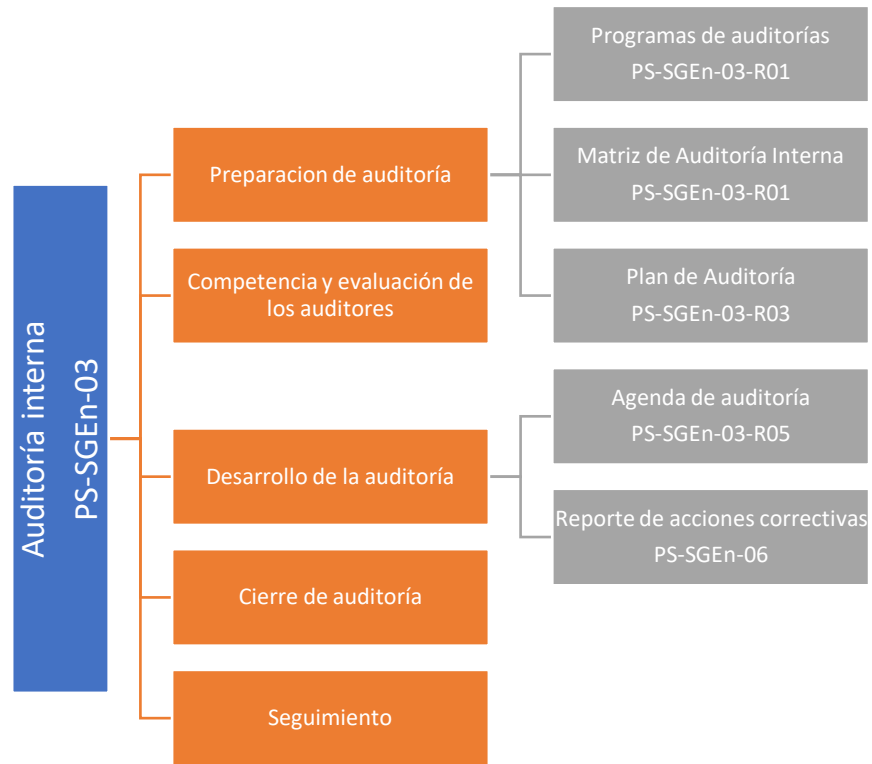


Figura 21. Procedimiento de auditoría interna.

- **Preparación de auditoría.**
 - La Dirección de Operación y Mantenimiento define el “Programa de Auditorías Internas” (PS-SGEn-03-R01) tomando en consideración el estado y la importancia de los procesos, el estado de las acciones correctivas, resultados previos de auditoría, así como identificando los riesgos.

- Elabora una “Matriz de Auditoría Interna” (PS-SGEn-03-R02) en base a los resultados de auditorías anteriores, el estado y la importancia de los procesos, el estado de las acciones correctivas, los resultados previos de auditorías, así como identificando los riesgos y responsabilidad de las áreas, asegurando que cada una de las áreas sean auditadas al menos una vez al año.
- Antes de la auditoría interna, se define el “Plan de Auditoría” (PS-SGEn-03-R03). Se define un auditor líder y equipo de auditores (copia de certificado de auditor, registro externo) y se nombra un auditor guía en caso de que se asignen más de un auditor por área, así como un auditor observador en su caso.
- Los auditores internos no auditan áreas en las que se tenga alguna responsabilidad o autoridad, para lo cual, se registra en el “Plan de Auditoría” (PS-SGEn-03-R03), el puesto vigente del auditor al momento de la auditoría, por cada área a auditar.
- Se comunica a los responsables de las áreas y a los auditores sobre la auditoría interna con al menos dos semanas de anticipación.
- Se proporciona curso de actualización al grupo auditor y se le da acceso a la carpeta digital para que puedan consultar los documentos a auditar y elaborar las “Lista de Verificación de Auditoría Interna” (PG-SGEn-03-R04) pertinentes.

- **Competencia y evaluación de los auditores.**

Los requisitos para ser auditor interno conforme a la Norma ISO 9011 son

los siguientes:

- Experiencia en el campo: Para profesionistas al menos un año de antigüedad y a los no profesionistas al menos 5 años de antigüedad.
- Experiencia como auditor: Haber realizado los ejercicios del curso de auditor interno y al menos ser observador una vez en una auditoría.
- Capacitación: Participar en cursos de auditoría interna de las Normas ISO 19011 e ISO 50001:2018 impartido por personal calificado.
- Conocimientos: Debe conocer y entender los estándares de la Norma ISO 50001:2018 y la 19011:2018.
- Habilidades: Conocer técnicas de análisis, cuestionarios, evaluación y reportes, aplicar principios para el manejo de una auditoría interna de energía tal como planeación, organización, comunicación y dirección, recopilar información a través de entrevistas eficientes, escuchando, observando y revisando documentos, registros y datos, objetivo (enfoque basado en evidencia), mantener confidencialidad y seguridad de la información que maneja.
- Atributos personales: Ético, diplomático, perceptivo, puntual, tenaz,

decidido, de mente abierta, observador,
versátil, seguro de sí mismo.

La competencia de los auditores del SGEEn, se mantiene y mejora a través de la evaluación del indicador de desempeño de la competencia del auditor, para el cual se toma como insumo la “Encuesta de competencia de Auditor Interno” aplicada en línea una vez concluida la auditoría, así como los requisitos descritos en este apartado. Cuando no se demuestra competencia de un auditor, no es considerado en la auditoría interna y se toman acciones hasta mostrar la competencia.

- **Desarrollo de la auditoría.**

- El Auditor Líder realiza una reunión de apertura y da a conocer la “Agenda de auditoría” (PG-SGEn-03- R05). Se da inicio a la auditoría según lo planeado. Los auditados proporcionan evidencias solicitadas y facilidades para la realización de la auditoría. Se obtienen las evidencias objetivas pertinentes y se realizan las observaciones y/o hallazgos en la lista de verificación del auditor. Los auditores analizan la evidencia y al final de la entrevista, retroalimentan al auditado sobre los hallazgos.
- El Auditor Líder realiza reunión de evaluación de hallazgos con el Director de Operación y Mantenimiento y el grupo auditor y se generan los reportes de acciones correctivas correspondientes, según el procedimiento “Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06).

- **Cierre de auditoría.**

- Auditor Líder realiza reunión de cierre de auditoría, según plan de auditoría.

- Da a conocer resultados de auditoría interna y las no conformidades encontradas. Se entregan reportes a los responsables de áreas auditadas y se establecen fechas compromiso.
- **Seguimiento.**
 - Los auditados atienden en tiempo y forma las no conformidades documentadas.
 - El director de Operación y Mantenimiento, registra conclusión de auditoría en el programa y da seguimiento en conjunto con los auditores internos.

5.2.4. Gestión Digital de Documentos (PS-SGEn-04)

El objetivo de este procedimiento es describir las actividades que se realizan para gestionar digitalmente los documentos del Sistema de Gestión de la Energía. Explicando la ruta que se sigue después de ser autorizado un procedimiento para publicarlo en la carpeta digital. Este procedimiento aplica para el responsable del SGEn y se muestra en la Figura 22.

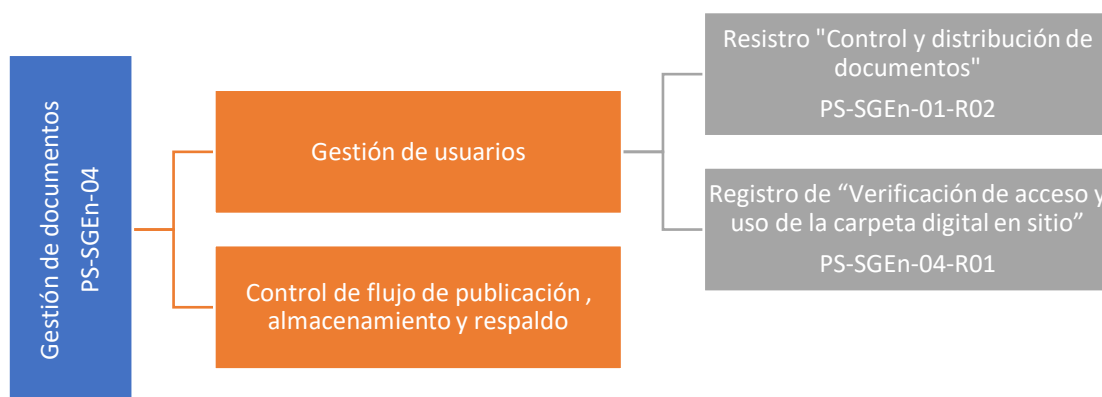


Figura 22. Gestión digital de documentos.

- **Gestión de usuarios.**

El SGEN está conformado por responsables de procesos a nivel estratégico, táctico y operativo. En cada uno de los niveles se encuentra personal comisionado con funciones específicas en el ANEM. Dicho personal requiere de información publicada en la carpeta digital, es por ello que se le designa acceso al personal inmerso en éstos niveles de gestión de la energía (Directivos, subdirectores y Coordinadores).

Para otorgar el acceso se envía un correo electrónico con el enlace para acceder, dicho datos son anotados en el registro “Control y Distribución de Documentos” (PS-SGEn-01-R02), donde se especifica los documentos a los cuales tiene acceso y el rol que pueden tener de acuerdo en lo especificado por los dueños de los procesos. Los Roles son de: Administrador, Editor y Lector. Además, se utiliza el registro de “Verificación de acceso y uso de la carpeta digital en sitio” (PS-SGEn-04-R01), para la verificación de acceso y uso de la plataforma en sitio con el fin de validar que los usuarios

cuenten con la información y formación necesaria en caso de tener dificultades al utilizar la herramienta de gestión de la energía.

- **Control de flujo de publicación, almacenamiento y respaldo.**

Después de que un documento, llámese procedimiento del sistema o general, instrucción de trabajo, registro o formato, es debidamente formalizado: elaborado, identificado, revisado, autorizado y liberado con el encargado de Control Documental pasa a la fase de publicación en la carpeta digital por el Encargado del SGEEn.

5.2.5. Producto no Conforme (PS-SGEn-05)

Este procedimiento identifica y controla el producto no conforme para prevenir el uso o entrega no intencionada de dicho producto o servicio de los diferentes procesos del ANEM. Este procedimiento aplica a todos los productos o servicios que no cumplan con los requerimientos de la Norma ISO 50001:2018.

- **Identificación y acciones para atender la no conformidad.**

En cada uno de los procedimientos o instrucciones de trabajo se identificará el producto no conforme, se establecerá la forma de control, prevención y uso no intencionado, tomando las acciones para eliminar las no conformidades detectadas y definir su liberación. La aplicación de este documento se observa en la implementación de los procedimientos e instrucciones de trabajo identificados como se establece en la metodología de la Norma ISO 50001:2018, mediante uno o más de los puntos que aplique y que a continuación se mencionan:

- a) Tomando acciones para evitar la no conformidad detectada.
- b) Autorizando su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente.

- c) Tomando acciones para impedir su uso o aplicación prevista originalmente.
- d) Tomando acciones apropiadas a los efectos, reales o potenciales de la no conformidad cuando se detecta un producto no conforme después de su entrega o cuando ya ha comenzado su uso.

Cuando se corrige un producto no conforme, debe someterse a una nueva verificación para demostrar su conformidad con los requisitos.

- **Respaldo de evidencia.**

Cada procedimiento tendrá respaldada su evidencia ya sea en físico, electrónico o ambos según sea requerimiento y se resguardará el tiempo establecido en la tabla 8.0 en el apartado de “Tiempo de Retención”.

5.2.6. Acciones Correctivas (PS-SGEn-06)

La finalidad de este procedimiento es eliminar la causa de no conformidades de la manera más apropiada para prevenir que vuelvan a ocurrir. Este procedimiento es de aplicación a todo el SGEn el diagrama de flujo de este procedimiento se muestra en la Figura 23.

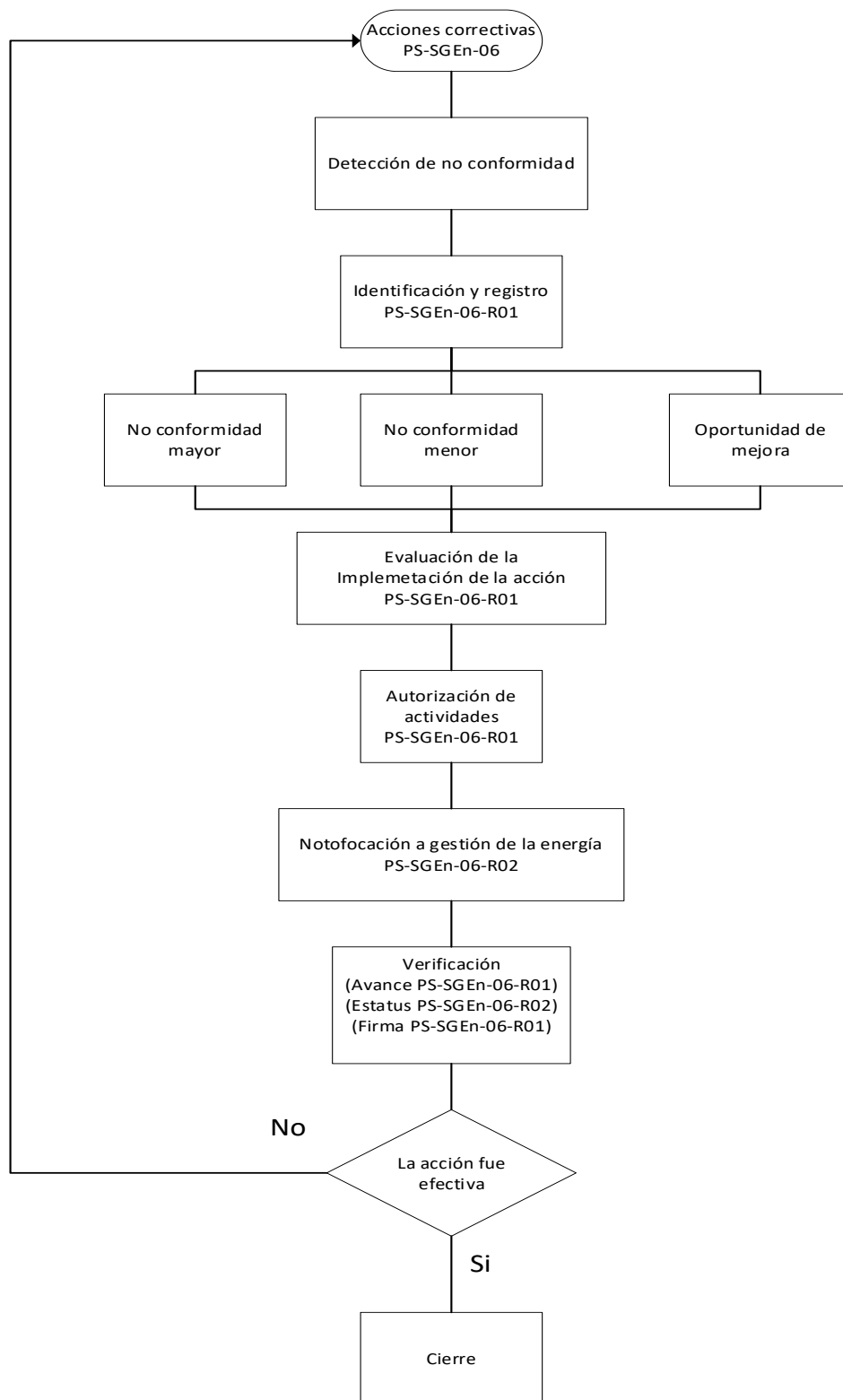


Figura 23. Acciones correctivas.

- **Detección de la NC.**

Cualquier persona involucrada en el SGEEn, detecta la no conformidad y notifica por el medio más adecuado al Coordinador o al Director del proceso.

- **Identificación y registro.**

El coordinador o el director del proceso, identifica la NC derivada de las siguientes fuentes:

- Auditoría Interna.
- Producto no conforme.
- Revisión directiva.
- Desempeño de proceso.
- Incumplimiento de indicadores.
- Quejas internas o externas al sistema.
- Cualquier otra fuente no considerada.

Posteriormente, asigna a un responsable de atención de la NC quien documenta en el formato “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEEn-06-R01) registrando los datos necesarios, en donde podrán considerarse tres niveles de no conformidades:

- **No conformidad mayor:**

Son hechos que marcan una deficiencia en el SGEEn que puede poner en riesgo el cumplimiento de los requisitos de las partes interesadas:

- Incumplimientos a los requisitos de la Norma ISO 50001:2018.
- Falta de implementación de procedimiento documentados en el SGEEn.
- No conformidades menores recurrentes identificadas en auditorías internas.

- **No conformidad menor:**

Incumplimiento en el seguimiento de procedimientos documentados que no forman parte de los requisitos de la Norma ISO 50001:2018.

- **Oportunidad de mejora:**

Son aquellos aspectos que tienden a mejorar el desempeño de los procesos del SGEEn.

- **Evaluación de la necesidad de implementar acciones.**

El responsable de atención de la NC evalúa la necesidad de implementar acciones realizando un análisis de la situación y definiendo acciones de contención. Posteriormente, lleva a cabo un análisis para identificar la causa raíz de la no conformidad, utilizando técnicas estadísticas tales como los 5 ¿por qué? u otra.

Derivado del análisis de la situación, se determina la necesidad de tomar acciones apropiadas para prevenir la ocurrencia de las no conformidades, por lo que el responsable de Atención de la NC establece un plan de acción y define las actividades asignándose responsables y fechas compromiso para realizarlas.

Esta evaluación se documenta en el formato “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEEn-06-R01).

- **Autorización de actividades.**

Cada responsable de las actividades del plan de acción autoriza las actividades que le corresponden, firmando el formato “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEEn-06-R01), donde se comprometen cumplir en tiempo y forma las actividades establecidas.

Así mismo, el jefe inmediato del responsable de atención de la NC autoriza el plan de acción firmando en el formato “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEEn-06-R01).

- **Notificación a gestión de la energía.**

Una vez autorizado el plan de acción, el responsable de atención de la NC, envía el formato “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) al director de operación y mantenimiento, quien asigna una clave a la NC que consiste en las siglas AC y un número consecutivo y posteriormente registra en la carpeta digital, así como en el formato “Estatus de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R02).

- **Verificación.**

El director de Operación y mantenimiento asigna a auditores internos el seguimiento a los reportes de NC, bajo el siguiente criterio:

Tabla 30. Seguimiento a las no conformidades.

Área responsable de la NC	Responsable de seguimiento
<ul style="list-style-type: none"> ○ Dirección Administrativa. ○ Subdirección General de Administración y Finanzas. ○ Subdirección General de Eficiencia Comercial y Cobro. ○ Subdirección General Hidráulica y Tecnologías del Agua. ○ Instituto Estatal del Agua. 	<p>Gestión de la Energía y Auditores Internos en caso de que la fuente de la NC sean auditorías internas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ○ Gestión de la Energía. 	<p>Auditores Internos.</p>

Cada responsable de la verificación, da seguimiento a las actividades del plan de acción en tiempo y forma y registra el avance de las mismas en los formatos “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) y “Estatus de Acciones Correctivas y Preventivas” (PS-SGEn-06-R02).

Al terminar el proceso de verificación firma el “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) y lo envía al responsable de gestión de la energía.

- **Cierre.**

El director de Operación y Mantenimiento, verifica la efectividad del plan de acción asegurándose que se haya eliminado la causa raíz, redactando en el “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) la efectividad, revisando que se haya atacado la causa raíz, así misma firma, registra fecha de efectividad e indica si fue o no efectiva.

Por último, actualiza el estatus de la Acción Correctiva tanto en el reporte como “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) como en el “Estatus de Acciones Correctivas y Preventivas” (PS- SGEn-06-R02):

- Cerrada: Termina el seguimiento a este reporte de acciones correctivas.
- Replanteada porque no fue efectiva: En este caso se documentará en un nuevo reporte “Reporte de Acciones Correctivas” (PS-SGEn-06-R01) y se iniciará de nuevo el proceso.
- Cancelada: Cuando por alguna razón justificada, no se continuará con el seguimiento de este tipo de reportes y deberá quedar documentada.

Una vez verificado el resultado del plan de acción, el responsable del SGEn actualiza la carpeta digital.

5.2.7. Atención al Buzón (PS-SGEn-07)

Este procedimiento detalla cómo se lleva a cabo la atención al Buzón de quejas, sugerencias y felicitaciones, con el cual se determina las partes interesadas pertinentes para el desempeño energético del ANEM, sus requisitos y la forma en la que el SGEn aborda sus necesidades y expectativas. Aplica desde la recepción de quejas, sugerencias y/o felicitaciones de las partes interesadas del ANEM, su atención y la implementación de acciones pertinentes.

El ANEM, cuenta con un buzón electrónico para mantener una comunicación dinámica y asertiva con la comunidad, a través de los cuales se reciben y atienden las opiniones relacionadas con la gestión y el desempeño energético.

- **Canalización de opiniones:**

1. La Dirección de Operación y Mantenimiento revisa el buzón una vez por semana registrando las opiniones en “Reporte de buzón de quejas, sugerencias y/o felicitaciones” (PS-SGEn-07-R01).
2. La Dirección de Operación y Mantenimiento analiza la información recibida y en caso de no poder ser atendida por el ANEM, retroalimenta a quien envió la opinión, de lo contrario realiza lo siguiente:

- a. Cuando sea queja o sugerencia

- i. Se capturan en la carpeta digital.
- ii. Se asigna a un responsable de Atender la queja o sugerencia, quién será el Coordinador, Director, Subdirector del área correspondiente.
- iii. El responsable de atender la queja o sugerencia analiza si es de su competencia y en caso que no lo sea lo regresa a la Dirección de Operación y Mantenimiento a través del correo electrónico para reasignar la queja o sugerencia.
- iv. El responsable de Atender la queja o sugerencia realiza un análisis y clasifica:

1. Acción correctiva. - Procede a dar seguimiento con el

procedimiento "Acciones Correctivas" (PS-SGEn-06).

2. Oportunidad de mejora. - Se inicia la acción preventiva, asignado a los implicados en realizarla.
3. Mejora continua. - Se inicia el proyecto de mejora continua, asignado a los implicados en realizarlo.
4. Solución interna. - Se escribe cuál fue la solución que se proporcionó y se cerró de forma automática.
5. Relacionar queja. - En caso de que otro cliente ya haya enviado una queja, se relacionará con la primera queja que se esté atendiendo de la forma necesaria. Esta se relaciona con un número de queja.
6. En caso de que no proceda la queja o sugerencia, se asigna un motivo y se clasifica como "NO PROCEDE".

b. Felicitación. - Se turna al área que corresponda a dicha felicitación para comunicar al personal a su cargo.

c. En caso de que no proceda la opinión, se registra en estatus "NO PROCEDE".

- **Seguimiento y monitoreo.**

El Encargado de atender la opinión, lleva el control y monitoreo de las quejas y sugerencias a través de la carpeta digital.

- **Informes y resultados.**

La Dirección de Operación y Mantenimiento lleva a cabo el cálculo de indicadores e integración de la información pertinente para informar a la Dirección General según el procedimiento “Revisión Directiva” (PS-SGEn-02).

5.2.8. Mejora Continua (PS-SGEn-08)

Procedimiento mediante el cual se establecen los lineamientos para mejorar continuamente la efectividad del SGEn. Este procedimiento aplica a todos los procesos del SGEn.

- **Propuestas.**

De manera permanente el Coordinador de Mantenimiento Mecánico y el Coordinador de Mantenimiento Eléctrico, propician la participación del personal a su cargo en grupos de mejora para identificar y proponer mejoras en el área de su encargo. Una vez identificada alguna propuesta de mejora se formará un grupo de trabajo que documentará la propuesta en el formato de Mejora Continua (PS-SGEn-08-R01).

- **Autorización.**

La Dirección de Operación y Mantenimiento, revisa la propuesta de la acción de mejora registrada en el formato de Mejora Continua (PS-SGEn-08-R01) y si lo enviará a la Subdirección General Hidráulica y Tecnologías del Agua para su autorización. En caso contrario, realiza las observaciones para considerar el replanteamiento.

- **Implementación .**

En los tiempos establecidos, se da seguimiento a cada una de las actividades y se registra el avance. Así mismo, se deberá adjuntar evidencia de la realización de la actividad para poder alcanzar el 100% del cumplimiento de cada acción.

- **Informes y resultados.**

La Dirección de Operación y Mantenimiento, obtiene los reportes de los proyectos terminados para su análisis e informe a la Dirección General.

5.3. Diseño de Procedimientos Generales

5.3.1. Verificación de los Requisitos Legales (PG-OP y MM-01)

Este procedimiento intenta garantizar que los requisitos legales aplicables al ANEM hayan sido determinados, se tenga acceso, se tomen en cuenta durante la operación y se revisen constantemente. El alcance de este procedimiento comprende la verificación de todas las leyes, disposiciones, normas y contratos que aplican a los procesos, equipos, instalaciones y personal que opera en las 6 Plantas de Bombeo del ANEM.

La Dirección de Operación y Mantenimiento será responsable de la creación y verificación de los documentos referentes a los requisitos legales con las siguientes actividades aplicables a las respectivas leyes, disposiciones, normas y contratos presentes en la Matriz de Requisitos Legales. La secuencia del proceso se describe a continuación:

- **Determinación de los requisitos legales y otros.**

Los Coordinadores de Operación, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico, Protección Catódica y Obra Civil, realizan las actividades conforme a la metodología establecida en los documentos legales aplicables al ANEM. La relación entre actividades y documentos legales se muestran en la Tabla 31. Una vez desarrollada la actividad, se reportan los resultados de cada actividad de manera semestral a la Dirección de Operación y Mantenimiento, mediante un Informe Técnico

del Departamento (PS-SGEn-02-R02). En el informe se describen las actividades realizadas, el resultado de las mediciones y el grado de cumplimiento conforme a los requisitos legales y otros.

Tabla 31. Grado de cumplimiento de los requisitos legales y otros.

Actividad	Responsable	Documento legal que aplica	Impacto en la eficiencia, uso y consumo de la energía
Toma de lecturas de parámetros de equipo Principal	Coordinación de Operación	NOM-001-SEDE-2012	Uso energético seguro
Correcta supervisión de los Equipos de Bombeo y Sistema de la Planta	Coordinación de Operación	NOM-001-SEDE-2012	Operación eficiente del equipo de bombeo
Instrucciones Para Tomar Lectura de la Energía Eléctrica	Coordinación de Mantenimiento Eléctrico	NOM-001-SEDE-2012	Identificación de los principales consumidores eléctricos
Instrucciones Para la Secuencia de Paro Normal Programado del Equipo Principal desde la Computadora	Coordinación de Operación	NOM-001-SEDE-2012	Uso energético seguro
Instrucción para realizar pruebas de eficiencia en bombas	Coordinación de Mantenimiento Mecánico	NOM-001-ENER-2014	Operación eficiente del equipo de bombeo
Instrucción para realizar pruebas de eficiencia en motores	Coordinación de Mantenimiento Mecánico	NOM-016-ENER-2016	Operación eficiente de motores eléctricos
Instrucción para cálculo de densidad de potencia eléctrica	Coordinación de Mantenimiento Eléctrico	NOM-007-ENER-2014	Operación eficiente de los sistemas de

			iluminación
Instrucción para revisión de sistemas de seguridad de los Equipos	Coordinación de Operación	NOM-001-SEDE-2012	Operación segura de equipos energéticos
Instrucción para medición de ampacidad de los conductores	Coordinación de Mantenimiento Eléctrico	NOM-001-SEDE-2012	Operación segura de equipos energéticos
Instrucción para verificación de placa de datos de los equipos	Coordinación de Mantenimiento Eléctrico	NOM-016-ENER-2016	Identificación de los principales consumidores eléctricos

- **Grado de Cumplimiento de los Requisitos Legales.**

La Dirección de Operación y Mantenimiento envía los informes a la Subdirección General Hidráulica y Tecnologías del Agua, el cual analiza los informes técnicos de las diferentes áreas del ANEM y llena el formato listo de verificación de cumplimiento de los requisitos Legales y Otros (PG-SGEn-01-R01), en el cual se comparan los resultados de mediciones e inspecciones respecto a los requisitos legales aplicables y se determina el grado de cumplimiento con los mismos. La lista de verificación y los informes técnicos en su versión final son enviados al Director de Operación y Mantenimiento para ser presentados en el proceso de Revisión Directiva (PS-SGEn-02).

5.3.2. Diseño (PG-PyP-01)

El objetivo de este procedimiento general es analizar las oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional en el diseño de instalaciones, equipo, sistemas y procesos que utilizan energía en el ANEM, así como documentar la información de los resultados en el lapso que se indique. Aplica en todas las

instalaciones, equipos, sistemas y procesos involucrados en el funcionamiento del Acueducto que utilizan energía, ya sea que sean nuevos, modificados o renovados.

5.3.3. Adquisición (PG-PyP-02)

Con este procedimiento se establecen e implementan criterios para la evaluación del desempeño energético esperado en el ANEM, al adquirir productos, equipos y servicios que utilizan energía, y que tendrán un impacto significativo en el desempeño energético de la organización.

- **Propuestas.**

El director de operación y mantenimiento, promoverán la participación del personal a su cargo en grupos de mejora para identificar y proponer nuevos criterios de evaluación del desempeño energético del área a su cargo. Una vez identificada alguna propuesta se formará un grupo de trabajo que la documentará.

- **Autorización.**

La Subdirección General Hidráulica y Tecnologías del Agua, revisa la propuesta del criterio y establece si lo enviará a la Dirección General para su autorización e implementación. En caso contrario, realiza las observaciones para considerar el replanteamiento.

- **Implementación.**

Dentro del periodo de evaluación, se da seguimiento a cada una de las propuestas de criterios y se registra el avance de implementación. Así mismo, se deberá adjuntar evidencia de la realización de la evaluación para poder alcanzar el 100% del cumplimiento.

- **Informes y resultados.**

La Dirección de Operación y Mantenimiento, obtiene los reportes de los análisis terminados para su revisión e informe a la Dirección.

5.3.4. Planeación (PG-SGEn-01)

En este procedimiento se establecen las estrategias, objetivos, acciones y metas para realizar una planificación que contribuya a la mejora del desempeño energético del ANEM. El procedimiento aplica en todas las instalaciones, equipos, personal y procesos involucradas en el funcionamiento del ANEM.

Es responsabilidad del Coordinador de Operación con el apoyo de los Coordinadores de Mantenimiento Mecánico y Mantenimiento Eléctrico analizar los indicadores energéticos del ANEM y elabora durante el penúltimo mes de cada año, una proyección de la demanda hidráulica que el ANEM tendrá durante el próximo año, compara los indicadores con la LBEn, así como la programación de los equipos y horarios en los que estarán funcionando durante los 12 meses del siguiente año, esta información se presenta en el formato Plan de Operación del ANEM (PG-SGEn-01-R01) y se envía a la Dirección de Operación y Mantenimiento para su revisión, visto bueno y presentación durante Revisión Directiva (PS-SGEn-02).

Una vez obtenido el visto bueno del Plan de Operación del ANEM (PG-SGEn-01-R01), la coordinación de operación elabora el Programa de Operación del ANEM (PG-SGEn-01-R02) con el cual se da seguimiento a la planeación establecida por la dirección. Este programa se registra y se comunica a todo el personal que labora en el ANEM mediante la carpeta digital.

Todo el personal que labora analiza las posibles desviaciones del resultado de sus actividades o las diferentes oportunidades que se pueden presentar para incrementar

el desempeño del proceso en el que participa. Los resultados del análisis son plasmados en el formato Análisis para la Gestión de Riesgos y Oportunidades (PG-SGEn-01-R03).

5.3.5. Competencia (PG-SGEn-02)

La finalidad de este procedimiento es determinar los conocimientos, habilidades y competencias necesarios del personal que interviene o afecta en el desempeño energético del ANEM y el SGEn. La Dirección de Operación y Mantenimiento a)

Mediante una encuesta diagnóstica dirigida al personal del ANEM, determina las competencias necesarias para mejorar el desempeño energético y del SGEn.

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta diagnóstica la Dirección de Operación y Mantenimiento llena la Matriz de Competencias (PG-SGEn-02-R01). Posteriormente se programan los cursos necesarios para proveer los conocimientos y evaluar el grado de competencia obtenido. En el caso de que se requiera una competencia relacionada al SGEn la Dirección de Operación y Mantenimiento programa e implementan las capacitaciones necesarias y mediante cuestionario. Una vez evaluada la competencia se registran los resultados en el formato Resultados de la Evaluación de la Competencia en la Matriz de Competencias (PG-SGEn-02-R01).

La Coordinación de Recursos Humanos en conjunto con los directores de cada área del ANEM elabora un calendario de capacitación, tutorías y entrenamiento acorde a las necesidades detectadas. Posteriormente, facilita todos los recursos necesarios para poder realizar los cursos para la formación, actualización y concientización del personal.

5.4. Cumplimiento de la Norma ISO 50001:2018

El cumplimiento de la Norma ISO 50001:2018 se verifica mediante la aplicación de una auditoría evaluando la conformidad de los requisitos de la norma con la aplicación

de los procedimientos y procesos en la institución. La auditoría no solo busca identificar áreas de mejora, sino también destacar las prácticas eficientes que ya están en marcha. A continuación, se presentan los resultados de la auditoría en el ANEM, donde se evalúan diferentes criterios claves como metas energéticas, la implementación de políticas energéticas, la efectividad de los procesos y las medidas correctivas adoptadas.

Tabla 32. Cumplimiento de la norma.

SECCIONES	REQUISITOS	PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN	4.1 Comprensión de la organización y su contexto.	100%
	4.2 Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas.	100%
	4.3 Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía.	100%
	4.4 Sistema de gestión de la energía.	100%
	Total	100%
5. LIDERAZGO	5.1 Liderazgo y compromiso.	100%
	5.2 Política energética.	100%
	5.3 Roles, responsabilidades y autoridades en la organización.	100%
	Total	100%
6. PLANIFICACIÓN	6.1 Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades.	100%
	6.2 Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos.	100%
	6.3 Revisión energética.	100%
	6.4 Indicadores de desempeño energético.	100%
	6.5 Línea de base energética.	100%
	6.6 Planificación para la recopilación de datos de la energía.	100%
	Total	100%

7. APOYO	7.1	Recursos.	100%
	7.2	Competencia.	100%
	7.3	Toma de conciencia.	100%
	7.4	Comunicación.	100%
	7.5	Información documentada.	100%
	Total		100%
8. OPERACIÓN	8.1	Planificación y control operacional.	100%
	8.2	Diseño.	83%
	8.3	Adquisición.	88%
	Total		92%
9. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO	9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación del desempeño energético y del SGE.	92%
	9.2	Auditoría interna.	100%
	9.3	Revisión por la dirección.	100%
	Total		98%
10. MEJORA	10.1	No conformidad y acción correctiva.	100%
	10.2	Mejora continua.	100%
	Total		100%

Los resultados obtenidos evidencian un alto grado de alineación con los lineamientos de la norma, alcanzando un cumplimiento global del 98.5 %. Las secciones correspondientes al Contexto de la Organización, Liderazgo, Planificación, Apoyo y Mejora obtuvieron un cumplimiento del 100 %, lo que confirma que la alta dirección ha adoptado un enfoque sólido de planeación estratégica, gestión de riesgos y compromiso con la mejora continua.

Sin embargo, la auditoría identificó oportunidades de mejora en las secciones de Diseño (83 %) y Adquisición (88 %), así como en la subsección de Seguimiento y medición del desempeño energético (92 %). Estos hallazgos señalan la necesidad de:

- Fortalecer los criterios de eficiencia energética en el diseño de nuevos proyectos y en la selección de equipos.
- Integrar de forma más robusta indicadores de desempeño en la etapa de adquisiciones.
- Perfeccionar los mecanismos de recolección y análisis de datos para garantizar que las decisiones operativas se basen en información confiable y actualizada.

El cumplimiento casi total de la norma confirma que el SGEN del ANEM no solo está implementado, sino que se encuentra en una fase de consolidación. La atención a los puntos con menor porcentaje de cumplimiento permitiría optimizar aún más el desempeño energético y maximizar los beneficios económicos asociados.

Por otro lado, utilizando la herramienta de compatibilidad para un SGEN tipo ISO 50001:2018 de la CONUEE se puede evaluar el cumplimiento de la norma. Los resultados obtenidos permiten analizar el nivel de discrepancia del sistema actual con respecto a la norma internacional.

Al utilizar esta herramienta y analizar el SGEN del ANEM, el resultado arrojado por esta herramienta se muestra en la Figura 24 y se observa una compatibilidad del 99 %.

Informe de Evaluación de Compatibilidad

Organización:	ANEM
Responsable:	O
Correo:	O

Fecha:	10-sep-25
--------	-----------

Productos y/o servicios que brinda
Operadora de sistema de tranportación de agua

Límite propuesto para el SGEEn
Noroeste de México

Lugar donde se evalúa:
Noroeste de México

Compatibilidad Obtenida:
99%



Graficas de compatibilidad respecto a un SGEEn tipo ISO 50001:2018

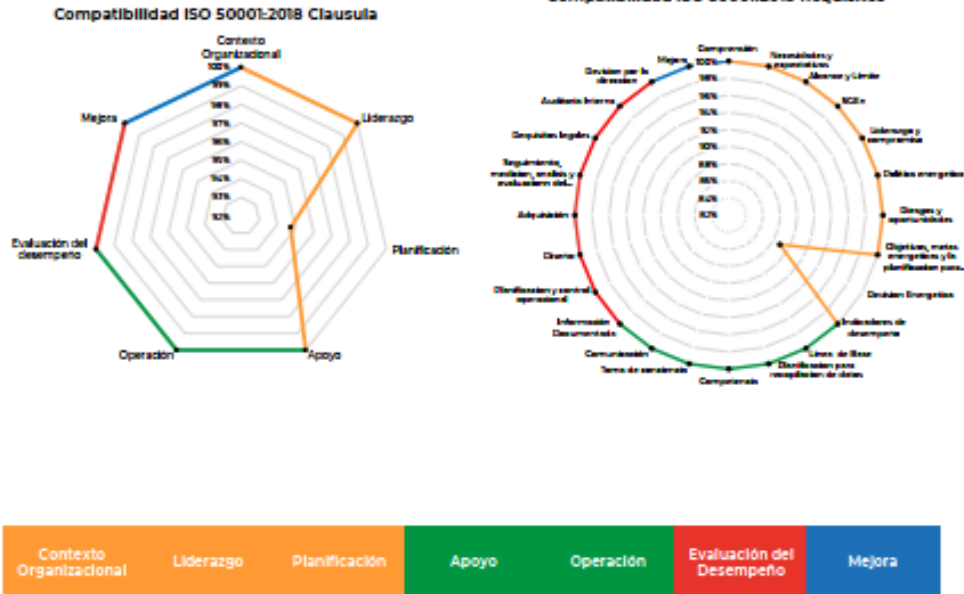


Figura 24. Evaluación de compatibilidad del SGEEn Con la Norma ISO 5001:2018.

5.5. Evaluación de la implementación del SGEN

Al momento de la redacción de este trabajo solo se han sustituido 4 GMB de todo el ANEM y corresponden a la PB0, los motores nuevos tienen una capacidad de 1850 hp que es mayor que los anteriores que tenían una capacidad de 1500 hp aumentando el volumen bombeado a 6 m³/s. Sin embargo, esta medida conlleva un aumento en el consumo eléctrico.

Para ofrecer una evaluación más precisa, se comparan los IDEn antes y después de la sustitución, así como con un escenario simulado. Es importante señalar que esta medida se ha aplicado exclusivamente a la PB0; por lo tanto, el indicador se refiere únicamente a este PB y no a toda la ANEM. Los datos comparativos se presentan en la Tabla 33.

Tabla 33. Comparativa de datos actuales y simulados de la sustitución de GMB en la PB0.

	Volumen de agua bombeado (m ³)	Consumo (kWh)	I1 kWh / m ³	I2 MXN / m ³
Enero 2020 (antes de la acción)	14,199,731	3,168,224	0.2231	\$0.37
Enero 2024 (Después de la acción)	16,070,400	3,386,656	0.2107	\$0.35
Simulado	14,199,731	2,992,947	0.2108	\$0.35

Para los IDEn simulados, se supone que el volumen bombeado permanece constante y que la capacidad del motor es equivalente a la observada antes de la sustitución. El indicador mostró una disminución aproximada del 6 % tanto en el escenario real como en el simulado en comparación con el escenario anterior a la sustitución.

Capítulo 6

6. Conclusiones.

Esta investigación desarrolla una metodología integral para la evaluación e implementación de las AMDEn en sistemas de acueductos a gran escala, con especial atención a los acueductos mexicanos. El caso de estudio se centra en un acueducto ubicado en el noroeste de México, conformado por seis estaciones de bombeo, con una longitud de 125 km, un desnivel de 1,061 metros y una demanda eléctrica de 80 MW.

Los hallazgos de esta investigación ofrecen valiosas implicaciones de gestión para las organizaciones de distribución de agua interesadas en mejorar la eficiencia energética de sus instalaciones. La metodología propuesta, basada en una evaluación exhaustiva de las AMDEn en sistemas de gran escala, constituye un marco replicable y adaptable que puede ser aplicado por otras entidades para fortalecer la eficiencia operativa y la sostenibilidad.

Asimismo, el estudio enfatiza la necesidad de priorizar las inversiones en eficiencia energética en función del estado y el rendimiento de los equipos existentes. Al identificar aquellos con bajo rendimiento energético, se plantea un enfoque estratégico para optimizar la asignación de recursos, sustentando en un análisis técnico y económico en detallado de diversas medidas, entre ellas la aplicación de recubrimientos epóxico y la sustitución de bombas con baja eficiencia.

El uso de modelos matemáticos para predecir la degradación de la eficiencia de las bombas a lo largo del tiempo proporciona una herramienta de predicción para orientar futuras decisiones de mantenimiento y mejora. Aunque las funciones matemáticas

derivadas de este estudio son específicas para el ANEM, ya que se basan en las condiciones reales de funcionamiento de este acueducto, la metodología empleada puede aplicarse a cualquier sistema de bombeo, siempre que se tengan en cuenta las condiciones de funcionamiento de cada caso.

Las ecuaciones de regresión polinomial propuesta pueden utilizarse en sistemas de bombeo de gran capacidad para proyectar con mayor precisión el rendimiento energético durante periodos de funcionamiento a mediano y largo plazo (10 años o más). A partir de estas proyecciones es posible estimar el consumo de energía y los costos de operación que resultan útiles durante los procesos de planificación financiera y mantenimiento de las organizaciones de suministro de agua.

Las metodologías y acciones planteadas en esta investigación son escalables y adaptables a distintos tipos y tamaños de sistemas de distribución de agua. Ya sea en una pequeña red municipal o en un acueducto regional a gran escala, las organizaciones pueden adaptar estas estrategias a sus necesidades y limitaciones específicas, asegurando que las mejoras de la eficiencia energética sean alcanzables en diversos contextos operativos.

La adopción de las medidas de eficiencia energética descritas en este estudio, permite a las organizaciones reducir de manera significativa su consumo de eléctrico y su huella de carbono. Este avance no sólo fortalece la sostenibilidad ambiental, sino que también se alinea con los objetivos globales de la industria de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo a los esfuerzos mundiales para combatir el cambio climático. En este sentido el enfoque propuesto se encuentra en plena sintonía con los objetivos internacionales de sostenibilidad, especialmente aquellos vinculados

con la mejora de la eficiencia energética y la mitigación del impacto ambiental de las infraestructuras críticas.

Entre las AMDEn evaluadas, la aplicación de recubrimiento epóxico en las zonas húmedas de las bombas se destaca como una intervención altamente viable debido a su bajo requerimiento de inversión. El análisis económico indica un período de retorno de la inversión inferior a dos meses y un potencial de ahorro en el consumo eléctrico y económico de hasta el 4%. Por ello, se recomienda su implementación.

Por otro lado, se proyecta que la sustitución de las bombas genere un ahorro acumulado de 436,085.75 MWh en un periodo de 10 años, equivalente a una reducción sustancial de las emisiones de 137,061 toneladas de CO₂ (EPA, 2024). Se estima que el ahorro energético provendrá en un 37% de la estación de bombeo 5 (PB5), en un 32% de la estación de bombeo 4 (PB4), en un 25% de la estación de bombeo 3 (PB3) y en un 2% de cada una de las estaciones restantes (PB2, PB1 y PB0). Los ahorros más significativos se consiguen en las estaciones con mayor demanda y consumo de energía eléctrica, lo que justifica la priorización de las intervenciones en PB5 y PB4.

La difusión de estos resultados en otros acueductos de México podría incentivar la adopción de medidas técnica y económicamente viables, alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. En particular, los hallazgos respaldan el ODS 6, meta 6.1, orientado a garantizar el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible. Además, contribuyen al ODS 7, en sus metas 7.3 y 7.a, enfocadas en la mejora de la eficiencia energética, y al ODS 13, que promueve la mitigación del cambio climático mediante la reducción de las emisiones de CO₂ a través de la aplicación de las AMDEn.

Si bien el estudio recomienda iniciar la sustitución de las bombas con mayor demanda y consumo energético (PB4 y PB5), se observa que las estrategias operativas actuales han priorizado el reemplazo de bombas de menor demanda energética (PB0, PB1, PB2, PB3) por equipos de mayor capacidad, motivadas principalmente por el objetivo de incrementar el volumen de bombeo más que por la eficiencia energética.

Al momento de elaborar este documento, únicamente se han sustituido cuatro unidades GMB en todo el ANEM. Todas ellas corresponden a estación PB0 y cuentan con una capacidad de 1,850 hp, superior a las unidades anteriores, que tenían una capacidad de 1,500 hp. Esta actualización ha permitido incrementar el volumen bombeado a 6 m³, aunque también implica un mayor consumo eléctrico.

Por otra parte, gracias a la aplicación de los procedimientos de adquisición de energía eléctrica se han alcanzado ahorros económicos cercanos a \$1,000 millones de pesos anuales, con lo que fortalece el cumplimiento de la norma en el apartado 8.4 “Adquisición”.

Se recomienda dar seguimiento a los resultados de esta investigación mediante el control sistemático de la eficiencia energética y del rendimiento de los nuevos equipos instalados. Además, se sugiere profundizar en el análisis del mantenimiento predictivo de los GMB y del sistema de alimentación eléctrica, con el fin de optimizar su desempeño y garantizar la sostenibilidad operativa.

7. Referencias

- Anders C. Hooley I. Kivlighan D. (2023). The nature of a pandemic: Testing the relationship between access to nature, nature relatedness, wellbeing and belonging in nature using polynomial regression with response surface analysis. *Journal of Environmental Psychology*. 85,101949.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2022.101949>
- Banco de México, (2021). Tasas de Interés Representativas. Recuperada el 9 de abril de 2021 de:
<https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=18&accion=consultarCuadroAnalitico&idCuadro=CA51&locale=es>.
- BID. (2011). Evaluación para sistemas de bombeo de agua. Manual de eficiencia energética. Banco Interamericano de Desarrollo.
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Evaluaci%C3%B3n-para-sistemas-de-bombeo-de-agua-Manual-de-eficiencia-energ%C3%A9tica.pdf>
- Blank, L. T., Tarquin, A. J., & Iverson, S. (2005). *Engineering economy* (Vol. 1221). New York: McGraw-Hill.
- Bowen D. (2024). Impact of coronavirus pandemic on stock index: A polynomial regression with time delay. *Heliyon*. 10, E28850.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28850>
- Capurso, T., Bergamini, L., & Torresi, M. (2022). A new generation of centrifugal pumps for high conversion efficiency. *Energy Conversion and Management*, 256.
<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.115341>
- CEABC. (2016a). Acueducto Río Colorado Tijuana.
<http://www.cea.gob.mx/pages/arct/volumen.html>
- CEABC. (2016b). Acueducto Río Colorado Tijuana.
<http://www.cea.gob.mx/pages/arct/localizacion.html>
- CEABC. (2016c). Acueducto Río Colorado Tijuana.
<http://www.cea.gob.mx/pages/arct/pbars.html>
- CEABC. (2018). Programa Hídrico del Estado de Baja California Vision 2035
<http://www.cea.gob.mx/phebc/resejec/RESUMEN%20EJECUTIVO%20PHEBC.pdf>
- CEABC. (2022). Indicadores de Gestión de Organismos Operadores de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado.
<http://www.cea.gob.mx/documents/indicadores/INDICADORESMARZO2022.pdf>

- Cengel Y. Cimbala J. (2006). Mecánica de fluidos fundamentos y aplicaciones. Mc Graw Hill. México
- CONAGUA. (2012). Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable. CONAGUA.
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPD S-1-12.pdf>.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2018). Estadísticas del agua en México 2018. https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/04/EAM_2018.pdf
- Corgnati S., Mitolo M., Orlietti L., Tartaglia M.(2017). Energy Savings in Integrated Urban Water Systems: A Case Study. IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 53, no. 6, pp. 5150-5154. [doi: 10.1109/TIA.2017.2738599](https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2738599)
- CONUEE, GIZ. (2016). Manual para la implementación de un sistema de gestión energética.
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/55467/ManualGestionEnergia V2_1.pdf
- CONUEE, (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001:2018
https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SGen/manuales/Guia_ISO_50001_2018_paginas_web1.pdf
- Congreso del Estado de Baja California. (2020).
https://www.congresobc.gob.mx/Documentos/ProcesoParlamentario/Dictámenes/20200716_1_ENERGIAYHACIENDA.pdf.
- CEABC. (2020). Comisión Estatal del Agua de Baja California. <http://www.cea.gob.mx/>
- CEABC. (2017). Informe mensual diciembre 2017. CEA.
<http://www.ceabc.gob.mx/documents/indicadores/CIERRE%20DE%20INDICADORES%202017.pdf>
- Chuang. H., Li G., Lee C. (2019). The efficiency improvement of AC induction motors with constant frequency technology. Energy 174, 805-813.
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.03.019>
- Coelho B, Andrade-Campos A. (2014). Efficiency achievement in water supply systems—A review. Renewable and Sustainable Energy Review.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.09.010>

- Corgnati S., Mitolo M., Orlietti L., Tartaglia M. (2017). Energy Savings in Integrated Urban Water Systems: A Case Study. *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 53, no. 6, pp. 5150-5154. <https://doi.org/10.1109/TIA.2017.2738599>
- Deshmukh, D., & Samad, A. (2019). CFD-based analysis for finding critical wall roughness on centrifugal pump at design and off-design conditions. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(1). doi:10.1007/s40430-018-1557-y
- EPA; (2024). Environmental Protection Agency EPA. Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. Available online: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator> (consultado el 16 de septiembre 2025).
- ETSU; CETIM; D.T.Reeves; NESAs; Technical University Darmstadt (2001): Study on improving the energy efficiency of pumps, Brüssel: European Commission. <https://www.jacobalbertsen.dk/komposit/Darmstadtrapport.pdf>
- Gan X. Pei Ji. Pavesi G. Yuan S. Wang W. (2022). Application of intelligent methods in energy efficiency enhancement of pump system: A review. *Energy Reports*. Volume 8, Pages 11592-11606 <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.016>.
- Gnacisnski P., Tarasiuk T. (2016). Energy-efficient operation of induction motors and power quality standards. *Electric Power System Research* 135 pp.10-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2016.03.022>.
- Gudbjerg, E.; Andersen, H. (2007): Using coatings to reduce energy consumption in pumps and ventilators, ECEEE Summer Study, La Colle sur Loup. <https://chestertondocs.chesterton.com/Corporate/Danish%20Tech%20Institute.pdf>
- Hamiche A. Stamboli A. Flazi S. (2016). A review of wáter-energy Nexus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 65 (2016) 319–331. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.020>
- Hieninger T. Schmidt-Vollus R. Schlücker E. 2021 (2021), Improving energy efficiency of individual centrifugal pump systems using model-free and on-line optimization methods' *Applied Energy*, Volume 304,2021. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117311>
- Hydraulic Institute, Europump and the US Department of Energy. 2004. Variable speed pumping—a guide to successful applications. Executive summary. https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/variable_speed_pumping.pdf
- Hoff, H. (2011). Understanding the Nexus. Background Paper for the Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. Stockholm Environment Institute, Stockholm.

<https://mediamanager.sei.org/documents/Publications/SEI-Paper-Hoff-UnderstandingTheNexus-2011.pdf>

- INEGI. (2014). Panorama censal de los organismos operadores de agua en México. https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/egi/productos/nueva_estruc/CE_2014/702825089313.pdf
- INEGI. (2018). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/economia/pib.aspx?tema=me&e=02>.
- INEGI. (2020). <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=02>
- INEGI. (s. f.). Tasa de crecimiento media anual de la población por entidad federativa, años censales de 2000, 2010 y 2020. https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/?pxq=Poblacion_Poblacion_03_13b8bdfc-8744-4623-a652-03cb6901fd47&idrt=123&opc=t
- ISO. (2010). Future ISO 50001 on energy management progresses. ISO News. <https://www.iso.org/news/2010/07/Ref1337.html>
- James K. Godlove C. (2003). Agua y Energía: Aprovechando las oportunidades de eficiencia de agua y energía aún no exploradas en los sistemas municipales de agua. Watergy. Alliance to Save Energy. https://www.ase.org/sites/ase.org/files/watergy_spanish.pdf
- Jibran M., Zuberi S., Tjindink A., Patel M. (2017). Techno-economic analysis of energy efficiency improvement in electric motor driven system in Swiss industry. Applied Energy 205 pp. 85-104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.121>
- Kaya D., Yagmur A., Suleyman K., Canka F., Salin A., Celik C. (2008) Energy Efficiency in Pumps. Energy conversion and management. <https://doi:10.1016/j.encoman.2007.11.010>
- Kocaaslan, O., Ozgoren, M., Aksoy, M. H., & Babayigit, O. (2016). Experimental and numerical investigation of coating effect on pump impeller and volute. Journal of Applied Fluid Mechanics, 9(5), 2475-2487. https://www.jafmonline.net/article_1816_238aff7954d1901e6dfd3557511e47f2.pdf
- Lin Y.P., Li, X.J., Zhu, Z.C., et al., 2022. An energy consumption improvement method for centrifugal pump based on bionic optimization of blade trailing edge[J]. Energy 246, 123323. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3972241>

- Luna T., Ribau J., Figueiredo D., Alves R. (2019). Improving energy efficiency in water supply systems with pump scheduling optimization. *Journal of Cleaner Production* 213 pp. 342-356. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.190>
- Maillard Jérémie. (2008). Coating Technology Increases Pump Performance. <https://www.belzona.com/pumps/assets/pdf/en/articles/coatingtechnologyincreasespumpperformance.pdf>
- Maier P., White R., Connell S., King C. y Metzger R.J., (2009). Energy Savings through Pump Refurbishment and Coating. WEFTEC -CONFERENCE PROCEEDINGS- CD ROM EDITION-.; Water Environment Federation; Orlando, FL, 2009, P108-4.
- Mala-Jetmarova, H., Sultanova, N., & Savic, D. (2017). Lost in optimisation of water distribution systems? A literature review of system operation. *Environmental Modelling & Software*, 93, 209–254. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2017.02.009>
- Mamade A., Loureiro D., Covas D., Alegre H. (2014). Energy Auditing As a Tool for Improving Service Efficiency of Water Supply Systems. *Procedia Engineering* 89 pp. 557 – 564. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.478>
- Maldonado A. (2014). Guía para la optimización energética en tratamientos de agua
- Niekurzak, M.; Lewicki, W.; Drożdż, W.; Miązek, P. Measures for Assessing the Effectiveness of Investments for Electricity and Heat Generation from the Hybrid Cooperation of a Photovoltaic Installation with a Heat Pump on the Example of a Household. *Energies* 2022, 15, 6089. <https://doi.org/10.3390/en15166089>
- NQA; (2018). ISO 50001 Implementation Guide. <https://www.nqa.com/medialibraries/NQA/NQA-Media-Library/PDFs/NQA-ISO-50001-Implementation-Guide.pdf>
- ONU. (S. F.). Objetivos de Desarrollo Sostenible/ Agua Limpia y Saneamiento. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- ONU. (2019). Informe Mundial de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019. <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>
- Ostertagová E. (2012). Modelling using polynomial regression. *Procedia Engineering*. 48 500-506. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.545>
- Patel S. Surve J. Parmar j. Katkar V. Jadeja R. Sofyan A. Taya, K. Ahmed, (2022). Graphene-based metasurface solar absorber design for the visible and near-infrared region with behavior prediction using Polynomial Regression. *Optik*. 262, 169298. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169298>
- PJR. (s.f.). The History of ISO 50001 Energy Management System. <https://www.pjregistrars.uk/standards/iso-50001>

- Pang Y. Shi M. Zhang L. Song X. Sun W. (2022). PR-FCM: A polynomial regression-based fuzzy C-means algorithm for attribute-associated data. *Information Sciences*. 585 (2022) 209-231. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2021.11.056>
- Rosas R. (2014). Guía para realizar diagnósticos energéticos y evaluar medidas de ahorro en equipos de bombeo de agua de organismos operadores de agua potable. CONUEE. https://energypedia.info/images/1/10/Gu%C3%ADa_para_realizar_diagn%C3%B3sticos_energ%C3%A9ticos_y_evaluar_medidas_de_ahorro_en_equipos_de_bombeo_de_agua_de_organismos_operadores_de_agua_potable.pdf
- Saidur R. (2010). A review on electrical motors energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 14, Issue 3, pp. 877-898. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.018>.
- Sarkodie J. K. Fergusson-Rees A. Abdulkadir M. Asiedu Y. (2023). Gas-liquid flow regime identification via a non-intrusive optical sensor combined with polynomial regression and linear discriminant analysis. *Annals of Nuclear Energy*. 180, 109424. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2022.109424>
- Schreurs, T., Madani, H., Zottl, A., Sommerfeldt, N., & Zucker, G. (2021). Techno-economic analysis of combined heat pump and solar PV system for multi-family houses: An Austrian case study. *Energy Strategy Reviews*, 36, 100666. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2021.100666>
- SEMARNAT. (2021). Analysis of Potential Energy Efficiency (EE) and Renewable Energy (RE) Opportunities in Municipal Water Utilities. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690392/REPORTE_Energy_Efficiency_potential_assessment_in_Water_Sector-CC.pdf
- Shankar, V.K.A., Umashankar, S., Paramasivam, S., Hanigovszki, N 2016. A comprehensive review on energy efficiency enhancement initiatives in centrifugal pumping system. *Applied Energy*, Volume 181. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.070>
- Trianni A., Cagno E., Accordini D.(2019). Energy efficiency measures in electric motors *Energy*, Volume 252,2019, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113481>
- Torregrossa D., Hansen J., Hernandez F., Cornelissen A., Schutz G., Leopold U. (2017). A data-driven Methodology to Support Pump Performance Análisis and Energy Efficiency Optimización in Waste Wáter Treatment Plants. *Applied Energy* 208 pp. 1430-1440. <http://dx.doi.org/10.106/j.apenergy.2017.09.012>
- Torregrossa D., Capitanescu F. (2019). Optimization models to save energy and enlarge the operational life of water pumping systems. *Journal of Cleaner Production* 213 pp. 89-98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.124>

- U.S. Department of Energy (USDOE). (2008) Improving motor and drive system performance.
https://www1.eere.energy.gov/manufacturing/tech_assistance/pdfs/motor.pdf
- U.S. Department of Energy, Improving Pumping System Performance: A Sourcebook for Industry, 2nd ed., Lawrence Berkeley National Laboratory, Resource Dynamics Corporation, Alliance to Save Energy, Hydraulic Institute, 2006.
<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.016>.
- USDOE. (2012) Eliminate excessive in-plant distribution system voltage drops – motor systems tip sheet #8. Washington, DC, United States.
<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56004.pdf>
- White F. (2004). *Mecánica de fluidos*. Mc Graw Hill. España.
- Wicaksono A. Jeong G. Kang D. (2017). Water, energy, and food nexus: review of global implementation and simulation model development. *Water Policy* 19 (2017) 440–462. <https://climatesmartwater.org/wp-content/uploads/sites/2/2020/08/2-Water-energy-and-food-nexus.pdf>
- Wong A. Vince P. Gamboa A. (2012). The economics of applying internal coatings to pump casings
https://www.researchgate.net/profile/Paul-Vince/publication/290353503_The_economics_of_applying_internal_coatings_to_pump_casings/links/5c3d7cb6a6fdccd6b5ada1f7/The-economics-of-applying-internal-coatings-to-pump-casings.pdf
- World Health Organization (WHO) and the United Nations Children’s Fund (UNICEF). 2025 Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2024: special focus on inequalities. https://cdn.who.int/media/docs/default-source/wash-documents/wash-coverage/jmp/jmp-2025-wash-households-lowres-launch.pdf?sfvrsn=12ccab42_3&download=true
- Wu, C. Pu, K. Shi, P. Wu, P. Huang B. Wu D. (2022). Blade redesign based on secondary flow suppression to improve the dynamic performance of a centrifugal pump. *Journal of Sound and Vibration*. Volume 554.
<https://doi.org/10.1016/j.jsv.2023.117689>.
- Yates M. Weybourne I. (2001). Improving the energy efficiency of pumping systems. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*.
<https://iwaponline.com/aqua/article-pdf/50/2/101/402066/101.pdf>
- Yuan, Zhou & Tol, Richard. (2004). Evaluating the Costs of Desalination and Water Transport. *Water Resources Research*. 41. 10.1029/2004WR003749.
https://www.researchgate.net/publication/24130151_Evaluating_the_Costs_of_Desalination_and_Water_Transport

Zhou, Y. R. S. J. Tol (2005). Evaluating the costs of desalination and water transport.
Water Resour. <https://doi.org/10.1029/2004WR003749>

Resultados de mediciones planta PB 1.

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B1				Bombas encendidas:		B4 (30%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
20	2,293	96.0	1313.0	21.0	210.0	2,388	0.91	11:18	00:10	2,430	4.78	1784
30	2,344	95.9	1406.0	21.0	218.0	2,452	0.91	11:25	00:17	2,482	4.9	1784
40	2,366	96.0	1473.0	21.0	210.0	2,472	0.91	11:30	00:22	2,502	4.91	1784
50	2,369	95.9	1497.0	21.0	206.0	2,466	0.91	11:34	00:25	2,520	4.91	1784
60	2,366	95.9	1513.0	20.0	208.0	2,475	0.91	11:38	00:30	2,520	4.9	1784
70	2,376	95.9	1508.0	20.0	201.0	2,471	0.91	11:43	00:34	2,504	4.9	1784
80	2,371	95.9	1509.0	20.0	202.0	2,479	0.91	11:47	00:39	2,500	4.88	1783
90	2,373	95.9	1506.0	20.0	202.0	2,470	0.91	11:50	00:42	2,518	4.87	1783
100	2,374	95.9	1512.0	20.0	202.0	2,471	0.91	12:02	00:54	2,502	4.87	1783

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B2				Bombas encendidas:		B4 (30%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
20	2,382	95.9	1364.00	22.00	229.00	2,481	0.91	12:46	00:01	2,510	5.07	1,785
30	2,428	95.9	1529.00	22.00	208.00	2,528	0.91	12:49	00:04	2,530	5.08	1,784
40	2,437	95.9	1520.00	22.00	207.00	2,542	0.91	12:51	00:06	2,540	5.08	1,784
50	2,456	95.8	1645.00	22.00	196.00	2,543	0.91	12:54	00:09	2,589	5.06	1,783
60	2,445	95.8	1604.00	22.00	193.00	2,542	0.91	12:56	00:10	2,564	5.06	1,783
70	2,449	95.8	1601.00	22.00	192.00	2,557	0.91	12:57	00:12	2,570	5.05	1,783
80	2,443	95.8	1616.00	22.00	190.00	2,554	0.91	13:01	00:15	2,580	5.04	1,784
90	2,461	95.8	1635.00	22.00	189.00	2,566	0.91	13:03	00:17	2,590	5.03	1,784
100	2,462	95.8	1615.00	22.00	191.00	2,561	0.91	13:05	00:20	2,600	5.01	1,784

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B4				Bombas encendidas:		B1 (35%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
100	2,313	96.1	1596.0	20.0	199.0	2,412	90	13:54	00:16	2,288	4.19	1783
87.5	2,317	96.1	1595.0	19.0	200.0	2,410	90	13:57	02:32	2,380	4.17	1783
75	2,320	96.1	1563.0	19.0	196.0	2,421	90	13:59	04:32	2,448	4.117	1783
62.5	2,324	96.1	1545.0	19.0	198.0	2,414	90	14:01	06:43	2,436	4.17	1783
50	2,323	96.1	1528.0	19.0	208.0	2,401	90	14:03	08:34	2,460	4.19	1783
37.5	2,297	96.1	1519.0	19.0	228.0	2,389	90	14:04	10:17	2,440	4.2	1783
25	2,246	96.1	1398.0	19.0	228.0	2,330	90	14:06	12:28	2,424	4.2	1783
20	2,164	96.2	1222.0	19.0	230.0	2,250	90	14:09	14:53	2,432	4.23	1784

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B5				Bombas encendidas:		B4 (30%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
20	2,211	96.2	1378.0	20.0	236.0	2,289	91	14:53	02:10	2,331	4.4	1791
30	2,337	96.1	1591.0	20.0	220.0	2,430	91	14:56	05:25	2,457	4.74	1791
40	2,394	96.0	1689.0	20.0	208.0	2,509	90	14:58	07:33	2,509	4.75	1791
50	2,402	96.0	1727.0	20.0	202.0	2,499	90	15:00	08:53	2,551	4.75	1790
60	2,434	96.0	1761.0	20.0	200.0	2,521	90	15:01	09:59	2,562	4.74	1791
70	2,411	96.0	1755.0	20.0	200.0	2,532	90	15:02	11:12	2,569	4.74	1791
80	2,421	96.0	1771.0	20.0	199.0	2,533	90	15:03	12:10	2,575	4.74	1791
90	2,418	96.0	1775.0	20.0	198.0	2,518	90	15:04	13:15	2,582	4.72	1791
100	2,436	96.0	1785.0	20.0	196.0	2,539	90	15:05	14:35	2,598	4.71	1791

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B1				Bombas encendidas:		B2 (35%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
20	2,294	95.8	1212.3	20.0	237.0	2,390	91	12:34	21:30	2,420	4.6	1784
30	2,364	95.8	1334.6	20.0	218.0	2,462	91	12:36	22:47	2,492	4.64	1783
40	2,374	95.8	1396.0	20.0	210.0	2,473	91	12:38	25:11:00	2,504	4.62	1783
50	2,377	95.7	1421.0	20.0	208.0	2,479	91	12:40	26:42:00	2,512	4.6	1783
60	2,384	95.7	1428.4	20.0	202.0	2,479	91	12:42	28:19:00	2,516	4.58	1783
70	2,388	95.7	1430.0	20.0	201.0	2,494	91	12:44	30:11:00	2,524	4.56	1784
80	2,386	95.7	1433.0	21.0	202.0	2,494	91	12:46	32:22:00	2,516	4.53	1783
90	2,374	95.7	1438.6	21.0	202.0	2,482	91	12:48	33:40:00	2,528	4.5	1783
100	2,375	95.7	1438.0	21.0	199.0	2,474	91	12:50	35:40:00	2,524	4.49	1783

Nombre de la planta de bombeo:		PB01										
Bomba evaluada:		B4				Bombas encendidas:		B2 (35%)				
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:												
% Apertura válvula	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo del registro	Registro Pot. Act. Caseta (kW)	Nivel tanque	RPM
20	2,074	96.2	1121.0	20.0	250.0	2,150	90	13:21	6:20:00	2,192	4.32	1785
25	2,208	96.1	1304.0	20.0	234.0	2,294	90	13:24	8:54:00	2,316	4.41	1783
37.5	2,287	96.1	1509.0	20.0	212.0	2,380	90	23:26	11:21:00	2,412	4.41	1782
50	2,306	96.1	1562.0	20.0	206.0	2,403	90	13:29	13:50:00	2,420	4.39	1782
62.5	2,330	96.1	1569.0	20.0	201.0	2,422	90	13:32	17:29:00	2,416	4.37	1782
75	2,322	96.1	1596.0	21.0	197.0	2,414	90	13:37	21:57:00	2,448	4.33	1783
87.5	2,318	96.1	1602.0	20.0	197.0	2,410	90	13:39	24:00:00	2,436	4.3	1783
100	2,317	96.1	1591.0	21.0	196.0	2,413	90	13:41	25:41:00	2,448	4.29	1784

Resultados de mediciones planta PB 2

Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B1		Bombas encendidas:		B5 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Segunda bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
100	2,282	95.6	1539.0	24.0	199.0	2,379	91	13:32	05:12	2,432	6.23	1784	
90	2,267	95.6	1540.0	24.0	200.0	2,372	91	13:34	07:31	2,424	6.22	1783	
80	2,280	95.6	1544.0	24.0	200.0	2,364	91	13:36	09:26	2,420	6.2	1783	
70	2,363	95.6	1530.0	23.0	202.0	2,379	91	13:38	11:22	2,416	6.19	1783	
60	2,262	95.6	1512.0	23.0	204.0	2,369	91	13:40	13:20	2,420	6.16	1783	
50	2,261	95.6	1488.0	23.0	206.0	2,359	91	13:42	15:15	2,416	6.15	1783	
40	2,258	95.6	1469.0	23.0	210.0	2,347	91	13:44	17:18	2,400	6.13	1783	
30	2,224	95.6	1399.0	24.0	219.0	2,319	91	13:46	19:18	2,384	6.13	1783	
Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B1		Bombas encendidas:		B4 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Segunda bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
30	2,220	95.6	1412.0	25.0	221.0	2,326	91	11:05	07:06	2,388	6.78	1784	
40	2,262	95.6	1487.0	25.0	211.0	2,370	91	11:07	09:12	2,420	6.79	1784	
50	2,276	95.6	1535.0	25.0	210.0	2,372	91	11:10	11:35	2,436	6.77	1784	
60	2,286	95.7	1558.0	25.0	208.0	2,380	91	11:12	13:42	2,452	6.77	1784	
70	2,280	95.7	1561.0	25.0	201.0	2,390	91	11:14	15:50	2,460	6.74	1784	
80	2,290	95.7	1589.0	24.0	199.0	2,383	91	11:16	18:08	2,452	6.72	1784	
90	2,285	95.7	1590.0	24.0	198.0	2,389	91	11:18	20:21	2,472	6.7	1784	
100	2,276	95.7	1568.0	24.0	198.0	2,388	91	11:20	22:22	2,456	6.67	1785	
Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B2		Bombas encendidas:		B4 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Tercera bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
30	2,192	95.7	1401.0	24.0	225.0	2,303	91	11:40	03:43	2,352	6.57	1785	
40	2,244	95.7	1504.0	23.0	210.0	2,349	91	11:43	06:01	2,428	6.56	1784	
50	2,259	95.7	1549.0	23.0	205.0	2,341	91	11:45	08:08	2,432	6.57	1783	
60	2,258	95.7	1575.0	23.0	201.0	2,367	91	11:47	10:09	2,428	6.56	1784	
70	2,247	95.7	1565.0	22.0	199.0	2,359	91	11:49	12:16	2,440	6.55	1784	
80	2,253	95.7	1571.0	22.0	197.0	2,360	91	11:51	14:22	2,448	6.53	1784	
90	2,258	95.7	1603.0	22.0	198.0	2,368	91	11:53	16:33	2,464	6.52	1784	
100	2,254	95.7	1579.0	22.0	198.0	2,364	91	11:55	18:41	2,436	6.51	1784	
Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B4		Bombas encendidas:		B5 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Última bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
100	2,260	95.6	1539.0	30.0	201.0	2,367	89	13:04	04:51	2,432	3.23	1784	
90	2,261	95.6	1537.0	30.0	201.0	2,364	89	13:06	06:55	2,424	6.22	1784	
80	2,254	95.6	1528.0	30.0	201.0	2,357	89	13:08	08:47	2,420	6.2	1784	
70	2,250	95.6	1521.0	30.0	202.0	2,357	89	13:10	10:47	2,416	6.19	1784	
60	2,247	95.6	1514.0	30.0	204.0	2,353	89	13:12	12:53	2,420	6.16	1783	
50	2,246	95.6	1479.0	30.0	208.0	2,346	89	13:14	15:06	2,416	6.15	1783	
40	2,240	95.6	1460.0	30.0	210.0	2,337	89	13:16	16:52	2,400	6.13	1783	
30	2,208	95.6	1380.0	30.0	220.0	2,306	89	13:18	18:45	2,384	6.13	1783	
Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B4		Bombas encendidas:		B2 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Última bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
30	2,213	95.6	1411.0	30.0	219.0	2,314	89	12:11	02:42	2,384	6.42	1783	
40	2,230	95.6	1461.0	30.0	213.0	2,340	89	12:15	06:21	2,392	6.42	1784	
50	2,241	95.6	1495.0	30.0	207.0	2,353	89	12:19	08:15	2,416	6.41	1784	
60	2,256	95.6	1521.0	30.0	204.0	2,359	89	12:21	10:37	2,428	6.41	1483	
70	2,248	95.6	1530.0	30.0	202.0	2,364	89	12:23	12:21	2,444	6.4	1483	
80	2,251	95.5	1551.0	30.0	201.0	2,360	89	12:25	14:24	2,452	6.39	1483	
90	2,267	95.6	1544.0	31.0	201.0	2,366	89	12:27	16:40	2,456	6.37	1483	
100	2,266	95.6	1541.0	31.0	199.0	2,358	89	12:29	19:47	2,460	6.35	1483	
Nombre de la planta de bombeo:		PB2							Fecha y hora de inicio:		23-oct		
Bomba evaluada:		B5		Bombas encendidas:		B4 al 40%		Bombas no funcionan y razón:		B3 no tiene motor			
Indicaciones sobre la ubicación de la bomba evaluada:		Primera bomba de oeste a este desde la vista de la entrada											
APERTURA %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)*	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	HORA	TIEMPO DEL REGISTR	REG. EN CASETA CONTROL K	Nivel tanque	RPM	
20	2,355	95.0	1496.0	28.0	222.0	2,468	92	10:15	02:58	2,499	3.55	1790	
30	2,429	94.9	1632.0	28.0	210.0	2,555	92	10:17	05:04	2,573	3.58	1790	
40	2,446	94.9	1692.0	28.0	205.0	2,590	92	10:19	06:44	2,594	3.56	1789	
50	2,456	94.9	1717.0	28.0	201.0	2,577	92	10:20	08:24	2,608	3.56	1789	
60	2,463	94.9	1745.0	28.0	199.0	2,594	92	10:22	10:12	2,616	3.56	1789	
70	2,464	94.8	1742.0	28.0	198.0	2,597	92	10:23	11:08	2,624	3.55	1789	
80	2,467	94.9	1754.0	28.0	198.0	2,592	92	10:24	12:04	2,650	3.55	1789	
90	2,470	94.9	1744.0	28.0	197.0	2,584	92	10:25	13:20	2,686	3.54	1789	
100	2,456	94.8	1746.0	28.0	197.0	2,595	92	10:26	14:30	2,635	3.54	1789	

Resultados de mediciones de PB 3

Nombre de la planta de bombeo:			PB3						Fecha de inicio:		03-nov			
Bomba evaluada:			1			Bombas encendidas: 2 (40%) y 4 (3)			Bombas no funcionan:			n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM		
100	2,237	95.4	1381.0	94.0	273.0	2,353	91	09:41	19:35	2,464	4.61	1783		
90	2,239	95.4	1383.0	94.0	272.0	2,350	91	09:45	23:12	2,428	4.6	1783		
80	2,244	95.4	1383.0	94.0	274.0	2,339	91	09:48	26:09	2,392	4.6	1783		
70	2,238	95.4	1373.0	95.0	274.0	2,344	91	10:06	14:14	2,408	4.59	1784		
60	2,239	95.0	1352.0	95.0	275.0	2,334	91	10:10	48:36	2,460	4.59	1784		
50	2,222	95.0	1339.0	95.0	278.0	2,333	91	10:13	51:34	2,444	4.6	1784		
40	2,212	95.0	1332.0	95.0	282.0	2,318	91	10:16	54:06	2,384	4.6	1784		
30	2,178	95.5	1244.0	95.0	290.0	2,280	91	10:23	1.01.55	2,356	4.6	1784		
20	2,069	95.5	1067.0	95.0	292.0	2,164	91	10:27	05:40	2,244	4.6	1785		

Nombre de la planta de bombeo:			PB3						Fecha de inicio:		03-nov			
Bomba evaluada:			2			Bombas encendidas: 1 (40%) y 4 (3)			Bombas no funcionan:			n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM		
100	2,252	95.4	1885.0	100.0	265.0	2,369	88	11:08	26:01	2,428	4.76	1782		
90	2,258	95.4	1873.0	100.0	265.0	2,367	88	11:12	29:46	2,416	4.77	1782		
80	2,255	95.4	1889.0	100.0	266.0	2,373	88	11:15	33:06	2,420	4.78	1782		
70	2,256	95.4	1881.0	100.0	267.0	2,373	88	11:20	37:43	2,412	4.79	1782		
60	2,249	95.4	1882.0	100.0	269.0	2,366	88	11:23	40:57	2,404	4.81	1782		
50	2,245	95.4	1844.0	100.0	273.0	2,351	88	11:25	43:15	2,412	4.81	1783		
40	2,227	95.4	1825.0	100.0	275.0	2,336	88	11:28	46:25	2,408	4.82	1783		
30	2,207	95.4	1755.0	100.0	282.0	2,313	88	11:31	49:06	2,388	4.82	1783		
20	2,108	95.4	1623.0	100.0	300.0	2,207	88	11:34	51:37	2,268	4.83	1783		

Nombre de la planta de bombeo:			PB3						Fecha de inicio:		03-nov			
Bomba evaluada:			3			Bombas encendidas: 1 (40%) y 2 (4)			Bombas no funcionan:			n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM		
100	2,299	95.7	1405.0	86.0	269.0	2,405	91	01:45	07:58	2,516	5.24	1783		
90	2,304	95.7	1380.0	86.0	270.0	2,383	91	01:48	11:09	2,488	5.25	1783		
80	2,295	95.7	1387.0	86.0	271.0	2,384	91	01:50	13:18	2,472	5.25	1783		
70	2,294	95.7	1368.0	86.0	273.0	2,409	91	01:53	15:46	2,488	5.25	1783		
60	2,281	95.7	1359.0	87.0	273.0	2,389	91	01:55	18:28	2,472	5.25	1784		
50	2,285	95.7	1357.0	87.0	276.0	2,391	91	01:58	20:59	2,468	5.25	1784		
40	2,281	95.7	1323.0	87.0	279.0	2,363	91	02:00	23:27	2,444	5.25	1784		
30	2,231	95.7	1244.0	87.0	288.0	2,332	91	02:03	25:48	2,432	5.25	1784		
20	2,141	95.8	1106.0	87.0	308.0	2,215	91	02:05	28:17	2,312	5.25	1785		

Nombre de la planta de bombeo:			PB3						Fecha de inicio:		03-nov			
Bomba evaluada:			4			Bombas encendidas: 1 (40%) y 2 (4)			Bombas no funcionan:			n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM		
100	2,314	96.1	1908.0	88.0	274.0	2,416	90	12:00	11:06	2,472	4.94	1783		
90	2,312	96.1	1908.0	88.0	274.0	2,409	90	12:03	13:55	2,484	4.95	1782		
80	2,305	96.1	1907.0	88.0	274.0	2,398	90	12:06	17:25	2,468	4.95	1783		
70	2,305	96.1	1895.0	88.0	276.0	2,404	90	12:10	20:57	2,462	4.95	1783		
60	2,302	96.1	1880.0	88.0	278.0	2,392	90	12:12	23:17	2,444	4.95	1783		
50	2,287	96.1	1868.0	88.0	281.0	2,375	90	12:15	26:03	2,428	4.95	1783		
40	2,282	96.1	1854.0	88.0	284.0	2,380	90	12:18	29:04	2,424	4.96	1783		
30	2,263	96.2	1793.0	88.0	293.0	2,347	90	12:20	31:31	2,408	4.96	1784		
20	2,169	96.2	1660.0	88.0	310.0	2,255	90	12:23	33:48	2,348	4.96	1784		

Nombre de la planta de bombeo:			PB3						Fecha de inicio:		03-nov			
Bomba evaluada:			5			Bombas encendidas: 1 (40%) y 2 (4)			Bombas no funcionan:			n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (p)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM		
30	2,349	95.8	1715.0	86.0	287.0	2,446	91	02:36	09:11	2,489	5.37	1790		
40	2,390	95.8	1793.0	86.0	277.0	2,491	91	02:37	10:27	2,525	5.38	1790		
50	2,405	95.8	1825.0	86.0	274.0	2,518	91	02:38	11:29	2,579	5.38	1790		
60	2,416	95.7	1848.0	86.0	272.0	2,539	90	02:39	12:28	2,571	5.38	1790		
70	2,422	95.8	1859.0	85.0	271.0	2,540	91	02:40	13:39	2,581	5.39	1790		
80	2,426	95.8	1857.0	85.0	269.0	2,524	90	02:41	14:32	2,595	5.39	1790		
90	2,420	95.8	1865.0	85.0	269.0	2,527	90	02:42	15:48	2,578	5.39	1790		
100	2,422	95.8	1865.0	85.0	270.0	2,527	90	02:43	16:45	2,585	5.39	1789		

Resultados de mediciones PB 5

Nombre de la planta de bombeo:			PB5					Fecha de inicio:		11-nov			
Bomba evaluada:			1		Bombas encendidas:		3(35%) y 4 (3)		Bombas no funcionan:		n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM	
30	5,368	96.5	1287.0	45.0	539.0	5,552	93	13:58	17:28	5,715	4.9	1792	
40	5,470	96.5	1350.0	45.0	525.0	5,672	93	14:00	19:57	5,835	4.91	1793	
50	5,517	96.5	1401.0	45.0	521.0	5,718	93	14:02	21:56	5,870	4.91	1792	
60	5,519	96.5	1384.0	43.0	518.0	5,742	93	14:04	23:47	5,881	4.92	1792	
70	5,540	96.5	1402.0	43.0	517.0	5,747	93	14:06	25:51	5,904	4.92	1792	
80	5,539	96.5	1405.0	41.0	516.0	5,743	93	14:08	28:00	5,911	4.92	1792	
90	5,529	96.5	1406.0	41.0	516.0	5,752	93	14:10	29:55	5,912	4.93	1792	
100	5,523	96.5	1398.0	40.0	516.0	5,736	93	14:12	32:17	5,917	4.93	1792	
Nombre de la planta de bombeo:			PB5					Fecha de inicio:		11-nov			
Bomba evaluada:			3		Bombas encendidas:		1(35%) y 4 (3)		Bombas no funcionan:		n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM	
30	5,490	96.2	1245.0	47.0	530.0	5,691	93	13:12	06:54	5,825	4.74	1792	
40	5,610	96.2	1330.0	47.0	530.0	5,823	93	13:17	12:08	5,972	4.78	1791	
50	5,652	96.2	1349.0	47.0	520.0	5,865	93	13:19	14:11	6,021	4.78	1791	
60	5,675	96.2	1384.0	47.0	520.0	5,892	93	13:21	16:10	6,046	4.78	1791	
70	5,684	96.3	1370.0	47.0	510.0	5,900	93	13:23	18:08	6,051	4.78	1791	
80	5,675	96.3	1363.0	46.0	510.0	5,904	93	13:25	20:37	6,061	4.79	1790	
90	5,697	96.3	1367.0	46.0	510.0	5,904	93	13:27	23:00	6,066	4.79	1791	
100	5,686	96.3	1387.0	46.0	510.0	5,913	93	13:29	24:30	6,068	4.79	1791	
Nombre de la planta de bombeo:			PB5					Fecha de inicio:		11-nov			
Bomba evaluada:			4		Bombas encendidas:		1(35%) y 3 (3)		Bombas no funcionan:		n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM	
30	5,433	96.2	1311.0	48.0	540.0	5,642	93	12:41	24:32	5,820	4.65	1792	
40	5,526	96.2	1348.0	48.0	530.0	5,730	93	12:43	27:05	5,915	4.66	1792	
50	5,562	96.2	1365.0	47.0	520.0	5,787	93	12:45	24:16	5,970	4.67	1792	
60	5,600	96.2	1426.0	47.0	520.0	5,825	93	12:47	32:05	6,000	4.67	1792	
70	5,600	96.2	1408.0	47.0	520.0	5,816	93	12:49	34:02	6,010	4.68	1792	
80	5,616	96.2	1417.0	46.0	520.0	5,824	93	12:51	36:15	6,021	4.68	1792	
90	5,600	96.2	1424.0	45.0	520.0	5,830	93	12:53	38:17	6,027	4.68	1792	
100	5,611	96.2	1442.0	45.0	520.0	5,831	93	12:55	40:16	6,035	4.68	1792	
Nombre de la planta de bombeo:			PB5					Fecha de inicio:		11-nov			
Bomba evaluada:			5		Bombas encendidas:		3(35%) y 4 (3)		Bombas no funcionan:		n/a		
Apertura %	HP	Eficiencia eléctrica (%)	Flujo (l/s)	Presión succión (psi)	Presión descarga (psi)	Potencia eléctrica (kW)	Factor de potencia	Hora	Tiempo de registro	Pot. Act. (kW) en caseta	Nivel tanque	RPM	
30	5,791	96.4	1579.0	46.0	550.0	6,010	94	15:11	02:13	6,166	5.63	1791	
40	5,561	96.4	1628.0	45.0	540.0	6,064	94	15:18	09:30	6,188	5.61	1791	
50	5,880	96.4	1653.0	45.0	530.0	6,100	94	15:24	14:59	6,190	5.59	1790	
60	5,833	96.3	1631.0	44.0	540.0	6,056	94	15:30	21:16	6,193	5.57	1790	
70	5,859	96.3	1655.0	43.0	530.0	6,073	94	15:36	28:49	6,190	5.53	1790	
80	5,871	96.3	1668.0	43.0	530.0	6,083	94	15:42	35:54	6,196	5.5	1790	
90	5,867	96.3	1671.0	43.0	530.0	6,092	94	15:48	41:13	6,203	5.47	1790	
100	5,849	96.3	1673.0	42.0	530.0	6,092	94	15:54	45:45	6,226	5.45	1789	

9. Apéndice B (Comparativo de mediciones con datos del fabricante)

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la campaña de medición y la comparación con la información del fabricante.

Tabla 36. Datos medidos y del fabricante del GMB 2 de la PB0

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.34	63.47	1071.00	0.83	64.13	1014.17	0.84
1.38	62.46	1063.00	0.85	62.33	1011.10	0.84
1.41	61.88	1058.00	0.86	60.89	1007.85	0.84
1.42	61.39	1054.00	0.86	60.40	1006.60	0.84
1.43	61.29	1051.00	0.87	59.90	1005.27	0.84
1.44	61.05	1053.00	0.87	59.39	1003.87	0.84
1.44	61.01	1059.00	0.86	59.39	1003.87	0.84
1.44	60.99	1048.00	0.87	59.39	1003.87	0.84

Tabla 37. Datos medidos y del fabricante del GMB 3 de la PB0

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.23	64.22	1085.00	0.76	68.57	1014.68	0.82
1.27	63.16	1086.00	0.77	67.22	1015.79	0.83
1.28	62.33	1094.00	0.76	66.59	1015.89	0.83
1.29	61.86	1077.00	0.77	66.19	1015.84	0.84
1.30	61.51	1082.00	0.77	65.87	1015.72	0.84
1.30	61.45	1083.00	0.77	65.74	1015.67	0.84
1.31	61.38	1083.00	0.77	65.54	1015.55	0.84
1.30	61.30	1084.00	0.77	65.83	1015.71	0.84

Tabla 38. Datos medidos y del fabricante del GMB 4 de la PB0

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.28	63.58	1051.00	0.81	66.63	1015.89	0.83
1.32	62.24	1043.00	0.82	64.99	1015.13	0.84
1.34	61.57	1040.00	0.83	64.13	1014.17	0.84
1.35	60.88	1039.00	0.82	63.69	1013.54	0.84
1.36	60.90	1040.00	0.83	63.25	1012.82	0.84
1.36	60.20	1039.00	0.82	63.25	1012.82	0.84
1.37	60.21	1038.00	0.83	62.79	1012.01	0.84
1.37	60.21	1042.00	0.82	62.79	1012.01	0.84

Tabla 39. Datos medidos y del fabricante del GMB 5 de la PB0

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.42	62.39	1044.00	0.885	65.93	1035.61	0.89
1.43	61.71	1044.00	0.883	65.48	1035.38	0.89
1.45	61.39	1045.00	0.886	64.56	1034.68	0.89
1.45	61.04	1045.00	0.884	64.56	1034.68	0.89
1.44	61.02	1039.00	0.884	65.02	1035.07	0.89
1.44	61.02	1042.00	0.880	65.02	1035.07	0.89
1.44	61.02	1039.00	0.882	65.02	1035.07	0.89
1.44	61.01	1039.00	0.882	65.02	1035.07	0.89

Tabla 40. Datos medidos del GMB 1 de la PB1

Datos medidos			
Gasto Q (m³/s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.40	139.47	2482.00	0.80
1.47	133.81	2502.00	0.80
1.49	130.98	2520.00	0.79
1.51	133.10	2520.00	0.81
1.50	128.15	2504.00	0.78
1.50	128.85	2500.00	0.79
1.50	128.85	2518.00	0.78
1.51	128.85	2502.00	0.79

Nota 1: Información proporcionada por la CEA.

Nota 2: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 41. Datos medidos del GMB 2 de la PB1.

Datos medidos			
Gasto Q (m³/s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.52	131.69	2510.00	0.810
1.52	130.98	2530.00	0.799
1.64	123.19	2540.00	0.809
1.60	121.07	2589.00	0.761
1.60	120.36	2564.00	0.764
1.61	118.94	2570.00	0.758
1.63	118.23	2580.00	0.759
1.61	119.65	2590.00	0.756

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 42. Datos medidos del GMB 4 de la PB1

Datos medidos			
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.22	149.39	2432.00	0.760
1.39	147.97	2424.00	0.860
1.51	147.97	2440.00	0.928
1.52	133.81	2460.00	0.838
1.54	126.73	2436.00	0.812
1.56	125.31	2448.00	0.809
1.59	128.15	2380.00	0.868
1.59	126.73	2288.00	0.893

Nota 1: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 43. Datos medidos y del fabricante del GMB 5 de la PB1

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.49	141.60	2457.00	0.870	146.83	2440.95	0.87
1.60	133.10	2509.00	0.861	139.80	2532.81	0.86
1.62	128.85	2551.00	0.830	138.33	2548.39	0.86
1.64	127.44	2562.00	0.828	136.79	2563.42	0.86
1.69	127.44	2569.00	0.851	132.62	2597.90	0.85
1.67	126.73	2575.00	0.834	134.35	2584.71	0.85
1.66	126.02	2582.00	0.822	135.18	2577.80	0.85
1.69	124.61	2598.00	0.822	132.62	2597.90	0.85

Tabla 44. Datos medidos y del fabricante del GMB 1 de la PB2

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.41	134.99	2388.00	0.815	132.28	3098.25	0.80
1.48	127.92	2420.00	0.800	124.05	3166.57	0.76
1.53	127.21	2436.00	0.817	117.68	3217.79	0.74
1.55	125.80	2452.00	0.812	115.00	3239.03	0.73
1.56	120.85	2460.00	0.782	113.63	3249.83	0.73
1.58	119.44	2452.00	0.786	110.83	3271.84	0.72
1.59	118.02	2472.00	0.775	109.39	3283.06	0.71
1.56	118.02	2456.00	0.765	113.63	3249.83	0.73

Tabla 45. Datos medidos y del fabricante del GMB 2 de la PB2

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.40	137.81	2352.00	0.837	133.40	3088.71	0.80
1.50	127.21	2428.00	0.802	121.56	3186.77	0.76
1.54	123.68	2432.00	0.800	116.35	3228.35	0.74
1.57	120.85	2428.00	0.798	112.24	3260.77	0.72
1.56	119.44	2440.00	0.780	113.63	3249.83	0.73
1.57	118.02	2448.00	0.773	112.24	3260.77	0.72
1.60	118.02	2464.00	0.782	107.94	3294.43	0.71
1.57	118.02	2436.00	0.777	112.24	3260.77	0.72

Tabla 46. Datos medidos y del fabricante del GMB 4 de la PB2

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.41	133.57	2384.00	0.807	132.28	3098.25	0.80
1.46	129.33	2392.00	0.807	126.48	3146.72	0.77
1.49	125.09	2416.00	0.788	122.81	3176.63	0.76
1.52	122.97	2428.00	0.787	118.99	3207.34	0.75
1.53	121.56	2444.00	0.778	117.68	3217.79	0.74
1.55	120.85	2452.00	0.781	115.00	3239.03	0.73
1.54	120.15	2456.00	0.770	116.35	3228.35	0.74
1.54	118.73	2460.00	0.760	116.35	3228.35	0.74

Tabla 47. Datos medidos y del fabricante del GMB 5 de la PB2

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.63	135.69	2573.00	0.885	137.57	2555.97	0.86
1.69	127.21	2594.00	0.853	132.62	2597.90	0.85
1.71	122.97	2608.00	0.830	130.80	2610.12	0.85
1.74	121.56	2616.00	0.832	127.89	2626.29	0.84
1.74	121.56	2624.00	0.831	127.89	2626.29	0.84
1.75	120.85	2650.00	0.822	126.87	2631.02	0.84
1.74	120.15	2686.00	0.801	127.89	2626.29	0.84
1.74	118.73	2635.00	0.808	127.89	2626.29	0.84

Tabla 48. Datos medidos y del fabricante del GMB 1 de la PB#3

Datos medidos					Datos del fabricante		
% de apertura	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.24	137.72	2356.00	0.742	149.31	2938.82	0.84
40	1.33	132.07	2384.00	0.758	140.80	3022.89	0.82
50	1.33	129.25	2444.00	0.723	140.80	3022.89	0.82
60	1.35	127.13	2460.00	0.717	138.75	3041.58	0.82
70	1.37	126.42	2408.00	0.737	136.65	3060.34	0.81
80	1.38	127.13	2392.00	0.751	135.58	3069.77	0.81
90	1.38	125.72	2428.00	0.732	135.58	3069.77	0.81
100	1.38	126.42	2464.00	0.725	135.58	3069.77	0.81

Tabla 49. Datos medidos y del fabricante del GMB 2 de la PB3

Datos medidos					Datos del fabricante		
% de apertura	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.24	137.37	2388.00	0.731	149.31	2191.39	0.84
40	1.33	132.43	2408.00	0.746	141.30	2250.59	0.82
50	1.34	131.72	2412.00	0.749	139.78	2261.03	0.82
60	1.35	128.90	2404.00	0.741	138.75	2268.00	0.82
70	1.37	127.84	2412.00	0.741	137.18	2278.49	0.81
80	1.38	127.13	2420.00	0.742	135.58	2289.02	0.81
90	1.38	125.72	2416.00	0.735	135.58	2289.02	0.81
100	1.39	125.72	2428.00	0.737	134.50	2296.07	0.80

Tabla 50. Datos medidos y del fabricante del GMB 3 de la PB3

Datos medidos					Datos del fabricante		
% de apertura	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.24	141.96	2432.00	0.739	149.31	2938.82	0.84
40	1.32	135.61	2444.00	0.748	141.80	3013.56	0.83
50	1.35	133.49	2468.00	0.745	138.75	3041.58	0.82
60	1.35	131.37	2472.00	0.732	138.75	3041.58	0.82
70	1.36	132.07	2488.00	0.737	137.71	3050.95	0.81
80	1.38	130.66	2472.00	0.745	135.58	3069.77	0.81
90	1.38	129.96	2488.00	0.736	135.58	3069.77	0.81
100	1.40	129.25	2516.00	0.734	133.40	3088.71	0.80

Tabla 51. Datos medidos y del fabricante del GMB 4 de la PB3

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.24	144.79	2408.00	0.757	149.31	2191.39	0.84
1.33	138.43	2424.00	0.769	141.30	2250.59	0.82
1.34	137.72	2428.00	0.773	139.78	2261.03	0.82
1.35	135.61	2444.00	0.762	138.75	2268.00	0.82
1.37	134.19	2462.00	0.756	137.18	2278.49	0.81
1.38	132.78	2468.00	0.755	135.58	2289.02	0.81
1.38	131.37	2484.00	0.742	135.58	2289.02	0.81
1.39	131.37	2472.00	0.751	134.50	2296.07	0.80

Tabla 52. Datos medidos y del fabricante del GMB 5 de la PB3

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
1.60	134.19	2489.00	0.880	139.80	2532.81	0.86
1.71	127.13	2525.00	0.878	130.80	2610.12	0.85
1.72	125.01	2579.00	0.850	129.85	2615.82	0.84
1.72	123.60	2571.00	0.844	129.85	2615.82	0.84
1.79	122.89	2581.00	0.867	123.10	2644.50	0.83
1.75	121.48	2595.00	0.835	126.87	2631.02	0.84
1.75	121.48	2578.00	0.841	126.87	2631.02	0.84
1.77	122.19	2585.00	0.853	124.76	2639.35	0.84

Tabla 53. Datos medidos y del fabricante del GMB 1 de la PB4.

Datos medidos					Datos del fabricante		
Apertura %	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.28	345.19	5598.00	0.807	346.70	4967.40	0.87
40	1.37	338.14	5736.00	0.825	340.82	5152.12	0.87
50	1.40	331.10	5796.00	0.817	338.60	5214.93	0.88
60	1.41	331.10	5858.00	0.814	337.83	5236.07	0.88
70	1.42	331.80	5845.00	0.824	337.05	5257.33	0.88
80	1.43	331.80	5853.00	0.828	336.25	5278.72	0.88
90	1.42	331.80	5865.00	0.820	337.05	5257.33	0.88
100	1.41	331.80	5854.00	0.816	337.83	5236.07	0.88

Tabla 54. Datos medidos y del fabricante del GMB 2 de la PB4

Datos medidos					Datos del fabricante		
Apertura %	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.44	348.71	6283.00	0.816	335.44	5300.25	0.88
40	1.53	335.33	6442.00	0.813	327.38	5502.68	0.88
50	1.55	336.03	6520.00	0.816	325.41	5550.53	0.88
60	1.57	329.69	6507.00	0.812	323.37	5599.78	0.88
70	1.58	329.69	6503.00	0.818	322.33	5624.99	0.88
80	1.51	330.40	6501.00	0.783	329.29	5456.05	0.88
90	1.54	330.40	6511.00	0.798	326.41	5526.45	0.88
100	1.58	331.10	6514.00	0.820	322.33	5624.99	0.88

Tabla 55. Datos medidos y del fabricante del GMB 3 de la PB4

Datos medidos					Datos del fabricante		
Apertura %	Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida	Carga Total fabricante (m)	Potencia eléctrica fabricante (kW)	Eficiencia de la bomba fabricante
30	1.25	341.67	5352.00	0.814	348.41	4906.53	0.86
40	1.32	335.33	5491.00	0.822	344.22	5048.99	0.87
50	1.35	336.03	5547.00	0.834	342.22	5110.67	0.87
60	1.35	329.69	5564.00	0.816	342.22	5110.67	0.87
70	1.36	329.69	5587.00	0.818	341.53	5131.36	0.87
80	1.40	330.40	5600.00	0.842	338.60	5214.93	0.88
90	1.38	330.40	5605.00	0.830	340.09	5172.96	0.87
100	1.39	331.10	5587.00	0.840	339.36	5193.90	0.87

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 56. Datos medidos del GMB 4 de la PB4

Datos medidos			
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.30	338.14	5751.00	0.779
1.35	338.14	5889.00	0.791
1.37	331.10	5907.00	0.783
1.41	331.80	5935.00	0.804
1.41	331.80	5960.00	0.801
1.40	331.80	5984.00	0.792
1.41	331.80	5969.00	0.799
1.40	331.80	5952.00	0.796

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 57. Datos medidos del GMB 5 de la PB4

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m ³ /s)	Carga Total Ht (medida)	Potencia eléctrica Pe (medida)	Eficiencia de la bomba hb (medida)	Carga Total Ht (fabricante)	Potencia eléctrica Pe (fabricante)	Eficiencia de la bomba hb (fabricante)
1.55	331.10	5943.00	0.882	325.41	5550.53	0.8792
1.57	332.51	5973.00	0.894	323.37	5599.78	0.8793
1.58	332.51	5997.00	0.896	322.33	5624.99	0.8793
1.59	329.69	6013.00	0.892	321.27	5650.63	0.8792
1.59	326.17	6043.00	0.878	321.27	5650.63	0.8792
1.59	326.87	6070.00	0.876	321.27	5650.63	0.8792
1.60	326.87	6050.00	0.884	320.19	5676.71	0.8791
1.60	326.87	6030.00	0.887	320.19	5676.71	0.8791

Tabla 58. Datos medidos del GMB 1 de la PB5

Datos medidos			
Gasto Q (m³/s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.28	345.19	5598.00	0.807
1.37	338.14	5736.00	0.825
1.40	331.10	5796.00	0.817
1.41	331.10	5858.00	0.814
1.42	331.80	5845.00	0.824
1.43	331.80	5853.00	0.828
1.42	331.80	5865.00	0.820
1.41	331.80	5854.00	0.816

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 59. Datos medidos del GMB 3 de la PB5

Datos medidos			
Gasto Q (m³/s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.24	340.26	5825.00	0.737
1.33	340.26	5972.00	0.771
1.34	333.21	6021.00	0.755
1.38	333.21	6046.00	0.774
1.37	326.17	6051.00	0.751
1.36	326.87	6061.00	0.746
1.36	326.87	6066.00	0.745
1.38	326.87	6068.00	0.756

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 60. Datos medidos del GMB 4 de la PB5.

Datos medidos			
Gasto Q (m³/s)	Carga Total medida (m)	Potencia eléctrica medida (kW)	Eficiencia de la bomba medida
1.31	346.60	5820.00	0.794
1.34	339.55	5915.00	0.783
1.36	333.21	5970.00	0.772
1.42	333.21	6000.00	0.803
1.40	333.21	6010.00	0.790
1.41	333.92	6021.00	0.796
1.42	334.62	6027.00	0.802
1.44	334.62	6035.00	0.813

Nota: Diámetro modificado, no se cuenta con curva certificada.

Tabla 61. Datos medidos y del fabricante del GMB 5 de la PB5.

Datos medidos				Datos del fabricante		
Gasto Q (m³/s)	Carga Total Ht (medida)	Potencia eléctrica Pe (medida)	Eficiencia de la bomba hb (medida)	Carga Total Ht (fabricante)	Potencia eléctrica Pe (fabricante)	Eficiencia de la bomba hb (fabricante)
1.47	346.13	6170.00	0.837	332.90	5365.81	0.88
1.54	340.49	6190.00	0.860	326.41	5526.45	0.88
1.55	334.86	6190.00	0.852	325.41	5550.53	0.88
1.51	335.56	6200.00	0.831	329.29	5456.05	0.88
1.59	332.98	6190.00	0.867	321.80	5637.75	0.88
1.56	334.15	6200.00	0.855	324.40	5574.97	0.88
1.56	334.15	6210.00	0.853	324.40	5574.97	0.88
1.58	334.86	6230.00	0.863	322.33	5624.99	0.88

10. Apéndice C (Cálculo de ahorros potenciales)

Listado de tablas que muestran los resultados de cálculo de ahorros energéticos potenciales para cada uno de los GMB disponibles durante la campaña de mediciones en cada una de las PB en ANEM.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#2 de PB#0.										
Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 93.90% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 341,093.08
Escenario actual	1.440	60.99	95.50%	93.90%	87.33%	82.00%	1,048.00	8,133,905.28	2	\$ 355,953.73
Escenario propuesto	1.440	60.99	96.40%	96.00%	87.33%	83.83%	1,025.08	7,955,976.10	3	\$ 371,474.84
Mejora			0.90%	2.10%	0.00%	1.83%	22.93	177,929.18	4	\$ 387,656.44
									5	\$ 404,539.78
									6	\$ 422,186.79
									7	\$ 440,597.48
									8	\$ 459,813.12
									9	\$ 479,895.63
									10	\$ 500,845.01
									Total	\$ 4,164,055.91

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#2 de PB#0.										
Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 87.33% por una de mayor eficiencia con valor de 88.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 119,160.68
Escenario actual	1.440	60.99	95.50%	93.90%	87.33%	82.00%	1,048.00	8,133,905.28	2	\$ 124,352.23
Escenario propuesto	1.440	60.99	96.40%	93.90%	88.00%	82.63%	1,039.99	8,071,745.82	3	\$ 129,774.53
Mejora			0.90%	0.00%	0.67%	0.63%	8.01	62,159.46	4	\$ 135,427.56
									5	\$ 141,325.74
									6	\$ 147,490.72
									7	\$ 153,922.48
									8	\$ 160,635.46
									9	\$ 167,651.27
									10	\$ 174,969.92
									Total	\$ 1,454,710.59

Alternativa #3: Sustitución de motor eléctrico y bomba en GMB#2 de PB#0.										
Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 457,647.12
Escenario actual	1.440	60.99	95.50%	93.90%	87.33%	82.00%	1,048.00	8,133,905.28	2	\$ 477,585.75
Escenario propuesto	1.440	60.99	96.40%	96.00%	88.00%	84.48%	1,017.24	7,895,176.38	3	\$ 498,410.55
Mejora			0.90%	2.10%	0.67%	2.48%	30.76	238,728.90	4	\$ 520,121.51
									5	\$ 542,774.02
									6	\$ 566,451.15
									7	\$ 591,152.91
									8	\$ 616,934.68
									9	\$ 643,879.53
									10	\$ 671,987.47
									Total	\$ 5,586,944.71

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#3 de PB#0.										
Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 93.90% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 353,030.41
Escenario actual	1.307	61.38	95.50%	93.90%	77.20%	72.49%	1,083.00	8,405,552.88	2	\$ 368,411.14
Escenario propuesto	1.307	61.38	96.40%	96.00%	77.20%	74.11%	1,059.27	8,221,396.66	3	\$ 384,475.45
Mejora			0.90%	2.10%	0.00%	1.62%	23.73	184,156.22	4	\$ 401,223.36
									5	\$ 418,697.57
									6	\$ 436,962.19
									7	\$ 456,017.20
									8	\$ 475,905.33
									9	\$ 496,690.68
									10	\$ 518,373.23
									Total	\$ 4,309,786.55

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#3 de PB#0.										
Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 77.20% por una de mayor eficiencia con valor de 88.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 1,978,065.23
Escenario actual	1.307	61.38	95.50%	93.90%	77.20%	72.49%	1,083.00	8,405,552.88	2	\$ 2,064,245.00
Escenario propuesto	1.307	61.38	96.40%	93.90%	88.00%	82.63%	950.05	7,373,706.91	3	\$ 2,154,254.99
Mejora			0.90%	0.00%	10.80%	10.14%	132.95	1,031,845.97	4	\$ 2,248,095.19
									5	\$ 2,346,004.99
									6	\$ 2,448,343.47
									7	\$ 2,555,110.64
									8	\$ 2,666,545.88
									9	\$ 2,783,008.27
									10	\$ 2,904,497.81
									Total	\$ 24,148,171.48

Alternativa #3: Sustitución de motor eléctrico y bomba en GMB#3 de PB#0.										
Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 2,287,279.60
Escenario actual	1.307	61.38	95.50%	93.90%	77.20%	72.49%	1083.00	8405552.88	2	\$ 2,386,931.14
Escenario propuesto	1.307	61.38	96.40%	96.00%	88.00%	84.48%	929.27	7212407.07	3	\$ 2,491,011.63
Mejora			0.90%	2.10%	10.80%	11.99%	153.73	1,193,145.81	4	\$ 2,599,521.09
									5	\$ 2,712,736.31
									6	\$ 2,831,072.51
									7	\$ 2,954,529.69
									8	\$ 3,083,384.66
									9	\$ 3,218,052.64
									10	\$ 3,358,533.63
									Total	\$ 27,923,052.90

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#0.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 93.90% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 339,140.26
Escenario actual	1.370	60.21	95.50%	93.90%	82.50%	77.47%	1,042.00	8,087,337.12	2	\$ 353,915.82
Escenario propuesto	1.370	60.21	96.40%	96.00%	82.50%	79.20%	1,019.21	7,910,426.62	3	\$ 369,348.08
Mejora			0.90%	2.10%	0.00%	1.73%	22.79	176,910.50	4	\$ 385,437.03
									5	\$ 402,223.71
									6	\$ 419,769.70
									7	\$ 438,074.98
									8	\$ 457,180.60
									9	\$ 477,148.14
									10	\$ 497,977.58
									Total	\$ 4,140,215.90

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#4 de PB#0.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 82.50% por una de mayor eficiencia con valor de 88.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 969,255.48
Escenario actual	1.370	60.21	95.50%	93.90%	82.50%	77.47%	1,042.00	8,087,337.12	2	\$ 1,011,483.73
Escenario propuesto	1.370	60.21	96.40%	93.90%	88.00%	82.63%	976.86	7,581,730.76	3	\$ 1,055,588.78
Mejora			0.90%	0.00%	5.50%	5.17%	65.14	505,606.36	4	\$ 1,101,570.65
									5	\$ 1,149,546.62
									6	\$ 1,199,692.66
									7	\$ 1,252,008.76
									8	\$ 1,306,612.23
									9	\$ 1,363,679.01
									10	\$ 1,423,209.10
									Total	\$ 11,832,647.03

Alternativa #3: Sustitución de motor eléctrico y bomba en GMB#4 de PB#0.										
Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 1,287,193.28
Escenario actual	1.370	60.21	95.50%	93.90%	82.50%	77.47%	1,042.00	8,087,337.12	2	\$ 1,343,273.34
Escenario propuesto	1.370	60.21	96.40%	96.00%	88.00%	84.48%	955.49	7,415,880.40	3	\$ 1,401,845.86
Mejora			0.90%	2.10%	5.50%	7.01%	86.51	671,456.72	4	\$ 1,462,910.82
									5	\$ 1,526,624.00
									6	\$ 1,593,219.08
									7	\$ 1,662,696.05
									8	\$ 1,735,210.69
									9	\$ 1,810,996.67
									10	\$ 1,890,053.98
									Total	\$ 15,714,023.77

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#0.										
Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 93.80% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%										
Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo IVA del 16% en MXN
	Gasto (m³/s)	Carga (m)	Eficiencia del motor nominal (%)	Eficiencia del motor medida (%)	Eficiencia de la bomba (%)	Eficiencia electromecánica (%)	Potencia demandada por el motor (kW)	Energía anual (kWh)		
									1	\$ 354,266.89
Escenario actual	1.440	61.01	95.50%	93.80%	88.21%	82.74%	1,039.00	8,064,053.04	2	\$ 369,701.48
Escenario propuesto	1.440	61.01	96.40%	96.00%	88.21%	84.68%	1,015.19	7,879,251.82	3	\$ 385,822.06
Mejora			0.90%	2.20%	0.00%	1.94%	23.81	184,801.22	4	\$ 402,628.63
									5	\$ 420,164.04
									6	\$ 438,492.63
									7	\$ 457,614.38
									8	\$ 477,572.17
									9	\$ 498,430.32
									10	\$ 520,188.81
									Total	\$ 4,324,881.41

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#5 de PB#0.

El elemento bomba es de eficiencia medida de 88.21%. La bomba disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 88.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#5 de PB#0.

132

No se recomienda debido a que la alternativa #2 tampoco es recomendada.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#1 de PB#1.

El elemento motor es de eficiencia medida de 95.90%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#1 de PB#1.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 81.00% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.90%	81.00%	77.68%	2,527.76	19,618,869.38	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.00%	83.43%	2,353.52	18,266,538.04	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	6.00%	5.75%	174.24	1,352,331.34		\$ 2,592,440.82
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	86.00%	82.47%	2,380.89	18,478,939.64	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.00%	4.79%	146.87	1,139,929.74	-	\$ 2,280,470.47
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	85.00%	81.52%	2,408.90	18,696,338.93	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.00%	3.83%	118.86	922,530.45	-	\$ 1,926,029.54
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	84.00%	80.56%	2,437.58	18,918,914.40	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.00%	2.87%	90.18	699,954.98	-	\$ 1,525,000.32
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	83.20%	79.79%	2,461.02	19,100,827.04	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.20%	2.11%	66.75	518,042.34	-	\$ 1,177,821.07
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	82.90%	79.50%	2,469.92	19,169,949.45	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.90%	1.82%	57.84	448,919.93	-	\$ 1,065,188.23
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	82.55%	79.17%	2,480.39	19,251,227.25	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.55%	1.48%	47.37	367,642.13	-	\$ 910,374.56
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	82.45%	79.07%	2,483.40	19,274,576.22	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.45%	1.39%	44.36	344,293.16	-	\$ 889,738.91
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	82.35%	78.97%	2,486.42	19,297,981.90	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.35%	1.29%	41.34	320,887.48	-	\$ 865,470.76
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	82.24%	78.87%	2,489.74	19,323,793.89	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.24%	1.19%	38.02	295,075.49	-	\$ 830,595.02
								Total	\$ 14,063,129.69

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.51 m³/s y una carga de 133 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 81.00% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.90%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#1 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.90% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#1 de PB#1.

No se recomienda debido a que la alternativa #1 tampoco es recomendada.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#2 de PB#1.

El elemento motor es de eficiencia medida de 95.90%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#2 de PB#1

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.90%	79.92%	76.64%	2,537.79	19,696,722.03	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.00%	83.52%	2,328.88	18,075,242.79	\$ 1,9170	-
	Mejora	0.00%	0.10%	7.08%	6.88%	208.92	1,621,479.25	-	\$ 3,108,401.66
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.00%	82.56%	2,355.96	18,285,420.03	\$ 2,0005	-
	Mejora	95.50%	0.10%	6.08%	5.92%	181.84	1,411,302.00	-	\$ 2,823,360.47
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.00%	81.60%	2,383.67	18,500,542.62	\$ 2,0878	-
	Mejora	95.50%	0.10%	5.08%	4.96%	154.12	1,196,179.42	-	\$ 2,497,345.11
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	84.00%	80.64%	2,412.05	18,720,787.17	\$ 2,1787	-
	Mejora	95.50%	0.10%	4.08%	4.00%	125.74	975,934.86	-	\$ 2,126,280.99
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	83.20%	79.87%	2,435.24	18,900,794.74	\$ 2,2736	-
	Mejora	95.50%	0.10%	3.28%	3.23%	102.55	795,927.29	-	\$ 1,809,620.29
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.90%	79.58%	2,444.06	18,969,193.28	\$ 2,3728	-
	Mejora	95.50%	0.10%	2.98%	2.94%	93.74	727,528.76	-	\$ 1,726,265.69
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.55%	79.25%	2,454.42	19,049,619.90	\$ 2,4763	-
	Mejora	95.50%	0.10%	2.63%	2.60%	83.37	647,102.14	-	\$ 1,602,387.96
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.45%	79.15%	2,457.39	19,072,724.35	\$ 2,5842	-
	Mejora	95.50%	0.10%	2.53%	2.51%	80.40	623,997.68	-	\$ 1,612,564.77
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.35%	79.06%	2,460.38	19,095,884.91	\$ 2,6971	-
	Mejora	95.50%	0.10%	2.43%	2.41%	77.41	600,837.12	-	\$ 1,620,527.41
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.24%	78.95%	2,463.67	19,121,426.59	\$ 2,8149	-
	Mejora	95.50%	0.10%	2.32%	2.31%	74.12	575,295.45	-	\$ 1,619,373.84
								Total	\$ 20,546,128.18

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.52 m³/s y una carga de 131m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 79.92% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.90%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#? y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#2 de PB#1.

No se recomienda debido a que la alternativa #1 tampoco es recomendada.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#1.

El elemento motor es de eficiencia medida de 96.10%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#4 de PB#1.

El elemento bomba es de eficiencia medida de 85.68%. La bomba disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 88.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#4 de PB#1.

No se recomienda debido a que las alternativas #1 y #2 tampoco son recomendadas.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#1.

El elemento motor es de eficiencia medida de 96.10%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#5 de PB#1.

El elemento bomba es de eficiencia medida de 87.03%. La bomba disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 88.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#5 de PB#1.

No se recomienda debido a que las alternativas #1 y #2 tampoco son recomendadas.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#1 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.60% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
									1	\$ 151,018.31
Escenario actual	1.53	127.21	95.50%	95.60%	81.65%	78.06%	2,436.00	18,906,672.96	2	\$ 157,597.83
Escenario propuesto	1.53	127.21	96.00%	96.00%	81.65%	78.39%	2,425.85	18,827,895.16	3	\$ 164,469.78
Mejora			0.50%	0.40%	0.00%	0.33%	10.15	78,777.80	4	\$ 171,634.15
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.60% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 81.65%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 179,109.22
									6	\$ 186,922.40
									7	\$ 195,073.69
									8	\$ 203,581.38
									9	\$ 212,472.88
									10	\$ 221,748.17
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#1 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 81.65% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.60%	81.65%	78.06%	2,436.00	18,906,672.96	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	86.50%	82.69%	2,299.54	17,847,587.89	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	4.85%	4.63%	136.46	1,059,085.07	-	\$ 2,030,283.03
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	85.00%	81.26%	2,340.12	18,162,545.32	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.35%	3.20%	95.88	744,127.64	-	\$ 1,488,654.13
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	83.50%	79.83%	2,382.16	18,488,818.59	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.85%	1.76%	53.84	417,854.37	-	\$ 872,382.98
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	82.50%	78.87%	2,411.04	18,712,925.48	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.85%	0.81%	24.96	193,747.48	-	\$ 422,119.95
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.80%	78.20%	2,431.67	18,873,060.54	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.15%	0.14%	4.33	33,612.42	-	\$ 76,421.19
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.40%	77.82%	2,443.62	18,965,802.85	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	-0.25%	-0.24%	-7.62	-59,129.89	-	-\$ 140,302.23
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.15%	77.58%	2,451.15	19,024,231.08	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	-0.50%	-0.48%	-15.15	-117,558.12	-	-\$ 291,103.54
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.00%	77.44%	2,455.69	19,059,461.14	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	-0.65%	-0.63%	-19.69	-152,788.18	-	-\$ 394,842.55
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	80.90%	77.34%	2,458.72	19,083,020.43	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	-0.75%	-0.72%	-22.72	-176,347.47	-	-\$ 475,629.57
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	80.80%	77.24%	2,461.76	19,106,638.02	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	-0.85%	-0.82%	-25.76	-199,965.06	-	-\$ 562,872.86
								Total	\$ 3,025,110.53

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.53 m³/s y una carga de 127 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 81.65% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.60%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.6% (no hay cambio de motor). Los valores en verde y en rojo, muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#1 de PB#2

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.60%	81.65%	78.06%	2,436.00	18,906,672.96	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,289.96	17,773,222.94	\$ 1,9170	-
	Mejora	0.00%	0.40%	4.85%	4.98%	146.04	1,133,450.02		\$ 2,172,841.82
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.00%	81.60%	2,330.37	18,086,868.05	\$ 2,0005	-
	Mejora	95.50%	0.40%	3.35%	3.54%	105.63	819,804.91	-	\$ 1,640,049.24
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	83.50%	80.16%	2,372.24	18,411,781.85	\$ 2,0878	-
	Mejora	95.50%	0.40%	1.85%	2.10%	63.76	494,891.11	-	\$ 1,033,217.83
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.50%	79.20%	2,400.99	18,634,954.96	\$ 2,1787	-
	Mejora	95.50%	0.40%	0.85%	1.14%	35.01	271,718.00	-	\$ 591,995.27
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.80%	78.53%	2,421.54	18,794,422.79	\$ 2,2736	-
	Mejora	95.50%	0.40%	0.15%	0.47%	14.46	112,250.17	-	\$ 255,211.99
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.40%	78.14%	2,433.44	18,886,778.68	\$ 2,3728	-
	Mejora	95.50%	0.40%	-0.25%	0.08%	2.56	19,894.28	-	\$ 47,204.76
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.15%	77.90%	2,440.93	18,944,963.45	\$ 2,4763	-
	Mejora	95.50%	0.40%	-0.50%	-0.16%	-4.93	-38,290.49	-	-\$ 94,816.91
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.00%	77.76%	2,445.45	18,980,046.72	\$ 2,5842	-
	Mejora	95.50%	0.40%	-0.65%	-0.30%	-9.45	-73,373.76	-	-\$ 189,615.99
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.90%	77.66%	2,448.48	19,003,507.84	\$ 2,6971	-
	Mejora	95.50%	0.40%	-0.75%	-0.40%	-12.48	-96,834.88	-	-\$ 261,174.90
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.80%	77.57%	2,451.51	19,027,027.03	\$ 2,8149	-
	Mejora	95.50%	0.40%	-0.85%	-0.49%	-15.51	-120,354.07	-	-\$ 338,779.38
								Total	\$ 4,856,133.71

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.53 m³/s y una carga de 127 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 81.65% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.60%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde y en rojo, muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#2 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.70% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
				95.70%	80.23%	76.52%	2,436.51	18,910,647.24	1	\$ 239,539.73
Escenario actual	1.50	127.21	95.50%	95.70%	80.23%	76.52%	2,436.51	18,910,647.24	2	\$ 249,975.93
Escenario propuesto	1.50	127.21	96.00%	96.00%	80.23%	77.02%	2,420.41	18,785,692.76	3	\$ 260,875.96
Mejora			0.50%	0.30%	0.00%	0.51%	16.10	124,954.48	4	\$ 272,239.82
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.70% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.23%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 284,096.50
									6	\$ 296,489.48
									7	\$ 309,418.77
									8	\$ 322,913.35
									9	\$ 337,016.72
									10	\$ 351,728.86
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#2 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 80.23% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.70%	80.23%	76.52%	2,432.00	18,875,627.52	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	86.50%	82.78%	2,247.93	17,446,982.18	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	6.27%	6.27%	184.07	1,428,645.34		\$ 2,738,735.98
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.00%	81.35%	2,287.60	17,754,870.10	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.77%	4.83%	144.40	1,120,757.42	-	\$ 2,242,115.57
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	83.50%	79.91%	2,328.69	18,073,819.86	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.27%	3.39%	103.31	801,807.66	-	\$ 1,673,988.38
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	82.50%	78.95%	2,356.92	18,292,896.46	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.27%	2.44%	75.08	582,731.06	-	\$ 1,269,603.15
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	81.80%	78.28%	2,377.09	18,449,437.14	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.57%	1.77%	54.91	426,190.38	-	\$ 968,986.44
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	81.40%	77.90%	2,388.77	18,540,097.77	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.17%	1.38%	43.23	335,529.75	-	\$ 796,138.29
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	81.15%	77.66%	2,396.13	18,597,214.52	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.92%	1.15%	35.87	278,413.00	-	\$ 689,420.75
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	81.00%	77.52%	2,400.57	18,631,653.80	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.77%	1.00%	31.43	243,973.72	-	\$ 630,488.59
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	80.90%	77.42%	2,403.53	18,654,684.28	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.67%	0.91%	28.47	220,943.24	-	\$ 595,909.55
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	80.80%	77.33%	2,406.51	18,677,771.76	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.57%	0.81%	25.49	197,855.76	-	\$ 556,935.47
								Total	\$ 12,162,322.17

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.50 m³/s y una carga de 127 m.

En el estado actual, se marca con rojo la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.23% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.70%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.70% (no hay cambio de motor). Con verde, se reflejan las mejoras obtenidas debido a la sustitución de la bomba en el tiempo.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#2 de PB#2

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.70%	80.23%	76.52%	2,432.00	18,875,627.52	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,240.90	17,392,460.36	\$ 1,9170	-
	Mejora	0.00%	0.30%	6.27%	6.52%	191.10	1,483,167.16		\$ 2,843,255.18
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.00%	81.60%	2,280.45	17,699,386.13	\$ 2,0005	-
	Mejora	95.50%	0.30%	4.77%	5.08%	151.55	1,176,241.39	-	\$ 2,353,113.25
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	83.50%	80.16%	2,321.42	18,017,339.17	\$ 2,0878	-
	Mejora	95.50%	0.30%	3.27%	3.64%	110.58	858,288.35	-	\$ 1,791,906.95
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.50%	79.20%	2,349.55	18,235,731.16	\$ 2,1787	-
	Mejora	95.50%	0.30%	2.27%	2.68%	82.45	639,896.36	-	\$ 1,394,149.87
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.80%	78.53%	2,369.66	18,391,782.65	\$ 2,2736	-
	Mejora	95.50%	0.30%	1.57%	2.01%	62.34	483,844.87	-	\$ 1,100,069.69
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.40%	78.14%	2,381.30	18,482,159.96	\$ 2,3728	-
	Mejora	95.50%	0.30%	1.17%	1.63%	50.70	393,467.56	-	\$ 933,611.95
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.15%	77.90%	2,388.64	18,539,098.22	\$ 2,4763	-
	Mejora	95.50%	0.30%	0.92%	1.39%	43.36	336,529.30	-	\$ 833,331.34
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.00%	77.76%	2,393.06	18,573,429.89	\$ 2,5842	-
	Mejora	95.50%	0.30%	0.77%	1.24%	38.94	302,197.63	-	\$ 780,953.63
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.90%	77.66%	2,396.02	18,596,388.39	\$ 2,6971	-
	Mejora	95.50%	0.30%	0.67%	1.15%	35.98	279,239.13	-	\$ 753,140.32
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.80%	77.57%	2,398.99	18,619,403.72	\$ 2,8149	-
	Mejora	95.50%	0.30%	0.57%	1.05%	33.01	256,223.80	-	\$ 721,233.09
Total									\$ 13,504,765.29

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.50 m³/s y una carga de 127 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.23% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.70%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Con verde, se reflejan las mejoras obtenidas debido a la sustitución del GMB en el tiempo.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.60% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	1	\$ 74,204.74
Escenario actual	1.52	122.97	95.50%	95.60%	78.68%	75.37%	2,422.87	18,804,771.45	2	\$ 77,437.67
Escenario propuesto	1.52	122.97	96.00%	96.00%	78.68%	75.53%	2,417.88	18,766,062.99	3	\$ 80,814.29
Mejora			0.50%	0.40%	0.00%	0.16%	4.99	38,708.46	4	\$ 84,334.59
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.60% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.68%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 88,007.56
									6	\$ 91,846.67
									7	\$ 95,851.91
									8	\$ 100,032.27
									9	\$ 104,401.21
									10	\$ 108,958.75
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#4 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 78.68% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.60%	78.68%	75.37%	2,416.00	18,751,445.76	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	86.50%	82.69%	2,202.10	17,091,301.21	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	7.82%	7.32%	213.90	1,660,144.55		\$ 3,182,523.66
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	85.00%	81.26%	2,240.96	17,392,912.41	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.32%	5.89%	175.04	1,358,533.35	-	\$ 2,717,794.87
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	83.50%	79.83%	2,281.22	17,705,359.94	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.82%	4.45%	134.78	1,046,085.82	-	\$ 2,183,984.50
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	82.50%	78.87%	2,308.87	17,919,970.36	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.82%	3.50%	107.13	831,475.40	-	\$ 1,811,545.43
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.80%	78.20%	2,328.63	18,073,319.74	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.12%	2.83%	87.37	678,126.02	-	\$ 1,541,787.31
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.40%	77.82%	2,340.07	18,162,132.12	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.72%	2.45%	75.93	589,313.64	-	\$ 1,398,311.61
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.15%	77.58%	2,347.28	18,218,084.47	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.47%	2.21%	68.72	533,361.29	-	\$ 1,320,736.96
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	81.00%	77.44%	2,351.63	18,251,821.67	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.32%	2.06%	64.37	499,624.09	-	\$ 1,291,152.57
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	80.90%	77.34%	2,354.53	18,274,382.63	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.22%	1.97%	61.47	477,063.13	-	\$ 1,286,694.60
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.60%	80.80%	77.24%	2,357.45	18,296,999.44	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.12%	1.87%	58.55	454,446.32	-	\$ 1,279,200.95
							Total		\$ 18,013,732.45

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.52 m³/s y una carga de 123 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.68% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.60%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.6% (no hay cambio de motor). Con verde, se reflejan las mejoras obtenidas debido a la sustitución de la bomba en el tiempo.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#4 de PB#2

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.60%	78.68%	75.37%	2,416.00	18,751,445.76	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,192.93	17,020,087.46	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.40%	7.82%	7.67%	223.07	1,731,358.30		\$ 3,319,041.57
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.00%	81.60%	2,231.62	17,320,441.94	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.40%	6.32%	6.23%	184.38	1,431,003.82	-	\$ 2,862,774.65
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	83.50%	80.16%	2,271.71	17,631,587.61	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.40%	4.82%	4.79%	144.29	1,119,858.15	-	\$ 2,338,004.02
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.50%	79.20%	2,299.25	17,845,303.82	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.40%	3.82%	3.83%	116.75	906,141.94	-	\$ 1,974,222.32
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.80%	78.53%	2,318.93	17,998,014.24	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.40%	3.12%	3.16%	97.07	753,431.52	-	\$ 1,713,001.90
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.40%	78.14%	2,330.32	18,086,456.57	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.40%	2.72%	2.77%	85.68	664,989.19	-	\$ 1,577,873.04
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.15%	77.90%	2,337.50	18,142,175.79	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.40%	2.47%	2.53%	78.50	609,269.97	-	\$ 1,508,705.99
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.00%	77.76%	2,341.83	18,175,772.41	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.40%	2.32%	2.39%	74.17	575,673.35	-	\$ 1,487,682.71
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.90%	77.66%	2,344.72	18,198,239.37	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.40%	2.22%	2.29%	71.28	553,206.39	-	\$ 1,492,061.80
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.80%	77.57%	2,347.62	18,220,761.94	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.40%	2.12%	2.20%	68.38	530,683.82	-	\$ 1,493,798.52
Total									\$ 19,767,166.53

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.52 m³/s y una carga de 123 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.68% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.60%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde reflejan las mejoras obtenidas debido a la sustitución del GMB en el tiempo.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 94.80% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual , kWh		
									1	\$ 490,065.58
Escenario actual	1.74	118.73	95.50%	94.80%	80.80%	76.60%	2,635.00	20,451,183.60	2	\$ 511,416.61
Escenario propuesto	1.74	118.73	96.00%	96.00%	80.80%	77.57%	2,602.06	20,195,543.81	3	\$ 533,716.58
Mejora			0.50%	1.20%	0.00%	0.97%	32.94	255,639.80	4	\$ 556,965.49
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 94.80% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.80%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 581,222.64
									6	\$ 606,576.99
									7	\$ 633,028.55
									8	\$ 660,636.63
									9	\$ 689,490.18
									10	\$ 719,589.21
									Total	\$ 5,982,708.47

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#5 de PB#2.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 80.80% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	94.80%	80.80%	76.60%	2,635.00	20,451,183.60	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	86.50%	82.00%	2,461.42	19,103,972.24	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	5.70%	5.40%	173.58	1,347,211.36	-	\$ 2,582,625.74
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	85.00%	80.58%	2,504.86	19,441,101.16	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.20%	3.98%	130.14	1,010,082.44	-	\$ 2,020,706.29
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	83.50%	79.16%	2,549.85	19,790,342.50	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	2.70%	2.56%	85.15	660,841.10	-	\$ 1,379,682.91
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	82.50%	78.21%	2,580.76	20,030,225.44	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.70%	1.61%	54.24	420,958.16	-	\$ 917,146.60
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	81.80%	77.55%	2,602.85	20,201,633.23	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.00%	0.95%	32.15	249,550.37	-	\$ 567,377.71
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	81.40%	77.17%	2,615.64	20,300,904.16	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.60%	0.57%	19.36	150,279.44	-	\$ 356,580.05
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	81.15%	76.93%	2,623.70	20,363,445.45	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.35%	0.33%	11.30	87,738.15	-	\$ 217,261.76
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	81.00%	76.79%	2,628.55	20,401,155.54	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.20%	0.19%	6.45	50,028.06	-	\$ 129,284.92
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	80.90%	76.69%	2,631.80	20,426,373.28	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.10%	0.09%	3.20	24,810.32	-	\$ 66,916.31
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	94.80%	80.80%	76.60%	2,635.06	20,451,653.45	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.06	-469.85	-	-\$ 1,322.55
Total									\$ 8,236,259.74

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.74 m³/s y una carga de 119 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.80% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 94.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 94.80% (no hay cambio de motor). Los valores en verde y en rojo, muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#5 de PB#2

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	94.80%	80.80%	76.60%	2,635.00	20,451,183.60	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,430.65	18,865,172.58	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	1.20%	5.70%	6.44%	204.35	1,586,011.02		\$ 3,040,408.49
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.00%	81.60%	2,473.55	19,198,087.39	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	1.20%	4.20%	5.00%	161.45	1,253,096.21	-	\$ 2,506,864.07
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	83.50%	80.16%	2,517.98	19,542,963.22	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	1.20%	2.70%	3.56%	117.02	908,220.38	-	\$ 1,896,153.46
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	82.50%	79.20%	2,548.50	19,779,847.62	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	1.20%	1.70%	2.60%	86.50	671,335.98	-	\$ 1,462,647.76
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.80%	78.53%	2,570.31	19,949,112.82	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	1.20%	1.00%	1.93%	64.69	502,070.78	-	\$ 1,141,508.13
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.40%	78.14%	2,582.94	20,047,142.86	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	1.20%	0.60%	1.54%	52.06	404,040.74	-	\$ 958,699.80
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.15%	77.90%	2,590.90	20,108,902.38	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	1.20%	0.35%	1.30%	44.10	342,281.22	-	\$ 847,574.54
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	81.00%	77.76%	2,595.70	20,146,141.09	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	1.20%	0.20%	1.16%	39.30	305,042.51	-	\$ 788,305.49
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.90%	77.66%	2,598.91	20,171,043.62	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	1.20%	0.10%	1.06%	36.09	280,139.98	-	\$ 755,570.03
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	80.80%	77.57%	2,602.12	20,196,007.78	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	1.20%	0.00%	0.97%	32.88	255,175.82	-	\$ 718,283.19
								Total	\$ 14,116,014.96

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.74 m³/s y una carga de 119 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.80% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 94.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#2 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#1 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.40% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
Escenario actual	1.38	125.72	95.50%	95.40%	73.18%	69.81%	2,428.00	18,844,582.08	1	\$ 225,783.53
Escenario propuesto	1.38	125.72	96.00%	96.00%	73.18%	70.25%	2,412.83	18,726,803.44	2	\$ 235,620.41
Mejora			0.50%	0.60%	0.00%	0.44%	15.18	117,778.64	3	\$ 245,894.47
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.40% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.18%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									4	\$ 256,605.73
									5	\$ 267,781.51
									6	\$ 279,462.80
									7	\$ 291,649.59
									8	\$ 304,369.21
									9	\$ 317,662.65
									10	\$ 331,529.91
Total										\$ 2,756,359.80

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#1 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 73.18% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.40%	73.18%	69.81%	2,428.00	18,844,582.08	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	87.50%	83.48%	2,030.56	15,759,872.34	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	14.32%	13.66%	397.44	3,084,709.74		\$ 5,913,437.92
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	87.00%	83.00%	2,042.23	15,850,446.32	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	13.82%	13.19%	385.77	2,994,135.76	-	\$ 5,989,876.37
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	86.50%	82.52%	2,054.03	15,942,067.40	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	13.32%	12.71%	373.97	2,902,514.68	-	\$ 6,059,777.27
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	86.00%	82.04%	2,065.97	16,034,753.84	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.82%	12.23%	362.03	2,809,828.24	-	\$ 6,121,806.51
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.73%	81.79%	2,072.48	16,085,254.05	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.55%	11.98%	355.52	2,759,328.03	-	\$ 6,273,608.20
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.46%	81.53%	2,079.03	16,136,073.37	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.28%	11.72%	348.97	2,708,508.71	-	\$ 6,426,695.30
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.41%	81.48%	2,080.24	16,145,519.61	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.23%	11.67%	347.76	2,699,062.47	-	\$ 6,683,558.83
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.36%	81.43%	2,081.46	16,154,976.92	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.18%	11.62%	346.54	2,689,605.16	-	\$ 6,950,606.75
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.35%	81.42%	2,081.71	16,156,869.71	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.17%	11.61%	346.29	2,687,712.37	-	\$ 7,249,072.03
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.32%	81.40%	2,082.44	16,162,550.75	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.14%	11.58%	345.56	2,682,031.33	-	\$ 7,549,531.98
							Total		\$ 65,217,971.16

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.38 m³/s y una carga de 126 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.18% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.40%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.40% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#1 de PB#3

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.40%	73.18%	69.81%	2,428.00	18,844,582.08	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.50%	84.00%	2,017.86	15,661,373.14	\$ 1,9170	-
	Mejora	0.00%	0.60%	14.32%	14.19%	410.14	3,183,208.94		\$ 6,102,262.47
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.00%	83.52%	2,029.46	15,751,381.03	\$ 2,0005	-
	Mejora	95.50%	0.60%	13.82%	13.71%	398.54	3,093,201.05	-	\$ 6,188,060.05
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,041.19	15,842,429.48	\$ 2,0878	-
	Mejora	95.50%	0.60%	13.32%	13.23%	386.81	3,002,152.60	-	\$ 6,267,798.13
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.00%	82.56%	2,053.06	15,934,536.63	\$ 2,1787	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.82%	12.75%	374.94	2,910,045.45	-	\$ 6,340,150.95
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.73%	82.30%	2,059.53	15,984,721.22	\$ 2,2736	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.55%	12.49%	368.47	2,859,860.86	-	\$ 6,502,179.66
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.46%	82.04%	2,066.03	16,035,222.91	\$ 2,3728	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.28%	12.23%	361.97	2,809,359.17	-	\$ 6,665,991.25
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.41%	81.99%	2,067.24	16,044,610.11	\$ 2,4763	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.23%	12.18%	360.76	2,799,971.97	-	\$ 6,933,436.18
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.36%	81.95%	2,068.45	16,054,008.32	\$ 2,5842	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.18%	12.13%	359.55	2,790,573.76	-	\$ 7,211,534.67
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.35%	81.94%	2,068.70	16,055,889.28	\$ 2,6971	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.17%	12.13%	359.30	2,788,692.80	-	\$ 7,521,427.97
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.32%	81.91%	2,069.42	16,061,534.81	\$ 2,8149	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.14%	12.10%	358.58	2,783,047.27	-	\$ 7,833,877.31
								Total	\$ 67,566,718.64

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.38 m³/s y una carga de 126 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.18% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.40%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#2 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.40% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
Escenario actual	1.39	125.72	95.50%	95.40%	73.71%	70.32%	2,428.00	18,844,582.08	1	\$ 225,783.53
Escenario propuesto	1.39	125.72	96.00%	96.00%	73.71%	70.76%	2,412.83	18,726,803.44	2	\$ 235,620.41
Mejora			0.50%	0.60%	0.00%	0.44%	15.17	117,778.64	3	\$ 245,894.47
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.40% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.71%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									4	\$ 256,605.73
									5	\$ 267,781.51
									6	\$ 279,462.80
									7	\$ 291,649.59
									8	\$ 304,369.21
									9	\$ 317,662.65
									10	\$ 331,529.91
Total										\$ 2,756,359.80

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#2 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 73.71% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.40%	73.71%	70.32%	2,428.00	18,844,582.08	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	87.50%	83.48%	2,045.27	15,874,074.32	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	13.79%	13.16%	382.73	2,970,507.76		\$ 5,694,510.91
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	87.00%	83.00%	2,057.02	15,965,304.63	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	13.29%	12.68%	370.98	2,879,277.45	-	\$ 5,760,098.19
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	86.50%	82.52%	2,068.91	16,057,589.63	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.79%	12.20%	359.09	2,786,992.45	-	\$ 5,818,593.66
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	86.00%	82.04%	2,080.94	16,150,947.71	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.29%	11.73%	347.06	2,693,634.37	-	\$ 5,868,653.53
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.73%	81.79%	2,087.50	16,201,813.87	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.02%	11.47%	340.50	2,642,768.21	-	\$ 6,008,597.81
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.46%	81.53%	2,094.09	16,253,001.44	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.75%	11.21%	333.91	2,591,580.64	-	\$ 6,149,250.72
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.41%	81.48%	2,095.32	16,262,516.13	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.70%	11.16%	332.68	2,582,065.95	-	\$ 6,393,845.97
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.36%	81.43%	2,096.55	16,272,041.97	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.65%	11.12%	331.45	2,572,540.11	-	\$ 6,648,081.63
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.35%	81.42%	2,096.79	16,273,948.48	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.64%	11.11%	331.21	2,570,633.60	-	\$ 6,933,297.01
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.40%	85.32%	81.40%	2,097.53	16,279,670.68	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.61%	11.08%	330.47	2,564,911.40	-	\$ 7,219,856.23
								Total	\$ 62,494,785.67

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.39 m³/s y una carga de 126 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.71% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.40%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.40% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#2 de PB#3

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.40%	73.71%	70.32%	2,428.00	18,844,582.08	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.50%	84.00%	2,032.49	15,774,861.35	\$ 1,9170	-
	Mejora	0.00%	0.60%	13.79%	13.68%	395.51	3,069,720.73		\$ 5,884,703.75
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.00%	83.52%	2,044.17	15,865,521.48	\$ 2,0005	-
	Mejora	95.50%	0.60%	13.29%	13.20%	383.83	2,979,060.60	-	\$ 5,959,717.99
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,055.98	15,957,229.69	\$ 2,0878	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.79%	12.72%	372.02	2,887,352.39	-	\$ 6,028,121.92
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.00%	82.56%	2,067.94	16,050,004.28	\$ 2,1787	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.29%	12.24%	360.06	2,794,577.80	-	\$ 6,088,580.18
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.73%	82.30%	2,074.45	16,100,552.53	\$ 2,2736	-
	Mejora	95.50%	0.60%	12.02%	11.98%	353.55	2,744,029.55	-	\$ 6,238,825.59
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.46%	82.04%	2,081.00	16,151,420.18	\$ 2,3728	-
	Mejora	95.50%	0.60%	11.75%	11.72%	347.00	2,693,161.90	-	\$ 6,390,280.70
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.41%	81.99%	2,082.22	16,160,875.41	\$ 2,4763	-
	Mejora	95.50%	0.60%	11.70%	11.68%	345.78	2,683,706.67	-	\$ 6,645,534.02
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.36%	81.95%	2,083.44	16,170,341.71	\$ 2,5842	-
	Mejora	95.50%	0.60%	11.65%	11.63%	344.56	2,674,240.37	-	\$ 6,910,900.33
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.35%	81.94%	2,083.69	16,172,236.30	\$ 2,6971	-
	Mejora	95.50%	0.60%	11.64%	11.62%	344.31	2,672,345.78	-	\$ 7,207,626.56
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.32%	81.91%	2,084.42	16,177,922.74	\$ 2,8149	-
	Mejora	95.50%	0.60%	11.61%	11.59%	343.58	2,666,659.34	-	\$ 7,506,262.04
								Total	\$ 64,860,553.06

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.39 m³/s y una carga de 126 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.71% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.40%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#3 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.70% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
				95.70%	73.42%	70.27%	2,516.00	19,527,581.76	1	\$ 116,983.40
Escenario actual	1.40	129.25	95.50%	95.70%	73.42%	70.27%	2,516.00	19,527,581.76	2	\$ 122,080.09
Escenario propuesto	1.40	129.25	96.00%	96.00%	73.42%	70.49%	2,508.14	19,466,558.07	3	\$ 127,403.31
Mejora			0.50%	0.30%	0.00%	0.22%	7.86	61,023.69	4	\$ 132,953.05
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.70% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.42%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 138,743.47
									6	\$ 144,795.80
									7	\$ 151,110.04
									8	\$ 157,700.36
									9	\$ 164,587.98
									10	\$ 171,772.91
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#3 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 73.42% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.70%	73.42%	70.27%	2,516.00	19,527,581.76	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	87.50%	83.74%	2,111.21	16,385,857.32	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	14.08%	13.47%	404.79	3,141,724.44		\$ 6,022,736.01
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	87.00%	83.26%	2,123.34	16,480,028.92	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	13.58%	12.99%	392.66	3,047,552.84	-	\$ 6,096,739.18
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	86.50%	82.78%	2,135.62	16,575,289.20	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	13.08%	12.52%	380.38	2,952,292.56	-	\$ 6,163,701.94
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	86.00%	82.30%	2,148.03	16,671,657.16	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.58%	12.04%	367.97	2,855,924.60	-	\$ 6,222,237.20
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.73%	82.04%	2,154.80	16,724,163.25	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.31%	11.78%	361.20	2,803,418.51	-	\$ 6,373,852.32
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.46%	81.79%	2,161.61	16,777,001.12	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.04%	11.52%	354.39	2,750,580.64	-	\$ 6,526,522.73
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.41%	81.74%	2,162.87	16,786,822.57	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.99%	11.47%	353.13	2,740,759.19	-	\$ 6,786,810.43
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.36%	81.69%	2,164.14	16,796,655.53	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.94%	11.42%	351.86	2,730,926.23	-	\$ 7,057,390.66
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.35%	81.68%	2,164.39	16,798,623.50	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.93%	11.41%	351.61	2,728,958.26	-	\$ 7,360,316.99
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.70%	85.32%	81.65%	2,165.15	16,804,530.19	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.90%	11.39%	350.85	2,723,051.57	-	\$ 7,664,998.05
								Total	\$ 66,275,305.50

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.40 m³/s y una carga de 129 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.42% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.70%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.70% (no hay cambio de motor). Los valores en verde y en rojo, muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#3 de PB#3

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.70%	73.42%	70.27%	2,516.00	19,527,581.76	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.50%	84.00%	2,104.61	16,334,651.52	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.30%	14.08%	13.73%	411.39	3,192,930.24		\$ 6,120,898.36
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.00%	83.52%	2,116.71	16,428,528.83	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.30%	13.58%	13.25%	399.29	3,099,052.93	-	\$ 6,199,766.96
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,128.94	16,523,491.42	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.30%	13.08%	12.77%	387.06	3,004,090.34	-	\$ 6,271,843.68
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.00%	82.56%	2,141.32	16,619,558.23	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.30%	12.58%	12.29%	374.68	2,908,023.53	-	\$ 6,335,745.76
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.73%	82.30%	2,148.06	16,671,900.24	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.30%	12.31%	12.04%	367.94	2,855,681.52	-	\$ 6,492,677.50
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.46%	82.04%	2,154.85	16,724,572.99	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.30%	12.04%	11.78%	361.15	2,803,008.77	-	\$ 6,650,923.15
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.41%	81.99%	2,156.11	16,734,363.75	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.30%	11.99%	11.73%	359.89	2,793,218.01	-	\$ 6,916,711.69
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.36%	81.95%	2,157.38	16,744,165.98	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.30%	11.94%	11.68%	358.62	2,783,415.78	-	\$ 7,193,036.67
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.35%	81.94%	2,157.63	16,746,127.80	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.30%	11.93%	11.67%	358.37	2,781,453.96	-	\$ 7,501,903.98
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.32%	81.91%	2,158.39	16,752,016.03	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.30%	11.90%	11.64%	357.61	2,775,565.73	-	\$ 7,812,817.84
							Total		\$ 67,496,325.58

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.40 m³/s y una carga de 129 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 73.42% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.70%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde y en rojo, muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#3.

El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.10%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#4 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 75.10% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.10%	75.10%	72.17%	2,472.00	19,186,081.92	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	87.50%	84.09%	2,121.62	16,466,691.08	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	12.40%	11.92%	350.38	2,719,390.84	-	\$ 5,213,115.75
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	87.00%	83.61%	2,133.82	16,561,327.24	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.90%	11.44%	338.18	2,624,754.68	-	\$ 5,250,916.23
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	86.50%	83.13%	2,146.15	16,657,057.45	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.40%	10.96%	325.85	2,529,024.47	-	\$ 5,280,016.35
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	86.00%	82.65%	2,158.63	16,753,900.81	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.90%	10.48%	313.37	2,432,181.11	-	\$ 5,299,022.17
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.73%	82.39%	2,165.43	16,806,665.92	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.63%	10.22%	306.57	2,379,416.00	-	\$ 5,409,840.21
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.46%	82.13%	2,172.27	16,859,764.45	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.36%	9.96%	299.73	2,326,317.47	-	\$ 5,519,839.57
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.41%	82.08%	2,173.54	16,869,634.35	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.31%	9.91%	298.46	2,316,447.57	-	\$ 5,736,107.93
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.36%	82.03%	2,174.81	16,879,515.81	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.26%	9.86%	297.19	2,306,566.11	-	\$ 5,960,738.85
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.35%	82.02%	2,175.07	16,881,493.49	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.25%	9.85%	296.93	2,304,588.43	-	\$ 6,215,742.32
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.10%	85.32%	81.99%	2,175.83	16,887,429.32	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	10.22%	9.82%	296.17	2,298,652.60	-	\$ 6,470,376.06
								Total	\$ 56,355,715.44

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.39 m³/s y una carga de 131 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 75.10% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.10%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.10% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#4 de PB#3.

No se recomienda ya que la eficiencia medida del motor eléctrico fue de 96.10%.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.80% por uno de mayor eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	1	\$ 80,127.74
Escenario actual	1.77	122.19	95.50%	95.80%	85.32%	81.74%	2,585.00	20,063,115.60	2	\$ 83,618.72
Escenario propuesto	1.77	122.19	96.00%	96.00%	85.32%	81.91%	2,579.61	20,021,317.44	3	\$ 87,264.86
Mejora			0.50%	0.20%	0.00%	0.17%	5.39	41,798.16	4	\$ 91,066.15
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.80% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 85.32%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 95,032.29
									6	\$ 99,177.83
									7	\$ 103,502.77
									8	\$ 108,016.80
									9	\$ 112,734.48
									10	\$ 117,655.79
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#5 de PB#3.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 85.32% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.80%	85.32%	81.74%	2,585.00	20,063,115.60	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.50%	83.83%	2,520.68	19,563,918.36	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	2.18%	2.09%	64.32	499,197.24	-	\$ 956,969.10
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.00%	83.35%	2,535.17	19,676,354.67	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.68%	1.61%	49.83	386,760.93	-	\$ 773,729.17
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	86.50%	82.87%	2,549.82	19,790,090.82	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	1.18%	1.13%	35.18	273,024.78	-	\$ 570,012.39
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	86.00%	82.39%	2,564.65	19,905,149.49	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.68%	0.65%	20.35	157,966.11	-	\$ 344,162.66
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.73%	82.13%	2,572.72	19,967,839.22	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.41%	0.39%	12.28	95,276.38	-	\$ 216,620.38
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.46%	81.87%	2,580.85	20,030,925.07	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.14%	0.13%	4.15	32,190.53	-	\$ 76,381.06
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.41%	81.82%	2,582.36	20,042,651.40	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.09%	0.08%	2.64	20,464.20	-	\$ 50,674.51
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.36%	81.77%	2,583.88	20,054,391.47	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.04%	0.04%	1.12	8,724.13	-	\$ 22,545.31
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.35%	81.77%	2,584.18	20,056,741.14	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.03%	0.03%	0.82	6,374.46	-	\$ 17,192.66
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	85.32%	81.74%	2,585.09	20,063,793.44	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	0.00%	0.00%	-0.09	-677.84	-	-\$ 1,908.02
								Total	\$ 3,026,379.23

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.77 m³/s y una carga de 122 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 85.32% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.80% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#5 de PB#3

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.80%	85.32%	81.74%	2,585.00	20,063,115.60	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.50%	84.00%	2,515.43	19,523,160.19	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.20%	2.18%	2.26%	69.57	539,955.41	-	\$ 1,035,103.16
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.00%	83.52%	2,529.89	19,635,362.26	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.20%	1.68%	1.78%	55.11	427,753.34	-	\$ 855,735.95
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.50%	83.04%	2,544.51	19,748,861.47	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.20%	1.18%	1.30%	40.49	314,254.13	-	\$ 656,089.72
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	86.00%	82.56%	2,559.30	19,863,680.43	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.68%	0.82%	25.70	199,435.17	-	\$ 434,511.80
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.73%	82.30%	2,567.36	19,926,239.55	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.41%	0.56%	17.64	136,876.05	-	\$ 311,201.38
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.46%	82.04%	2,575.48	19,989,193.97	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.14%	0.30%	9.52	73,921.63	-	\$ 175,399.76
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.41%	81.99%	2,576.98	20,000,895.88	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.09%	0.25%	8.02	62,219.72	-	\$ 154,071.71
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.36%	81.95%	2,578.49	20,012,611.49	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.04%	0.21%	6.51	50,504.11	-	\$ 130,515.14
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.35%	81.94%	2,578.79	20,014,956.26	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.03%	0.20%	6.21	48,159.34	-	\$ 129,891.32
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	85.32%	81.91%	2,579.70	20,021,993.87	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.20%	0.00%	0.17%	5.30	41,121.73	-	\$ 115,751.75
Total								\$ 3,998,271.71	

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.77 m³/s y una carga de 122 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 85.32% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#3 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#1 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.80% por uno de eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
Escenario actual	1.42	331.80	95.50%	95.80%	82.38%	78.92%	5,833.06	45,272,472.69	2	\$ 188,685.86
Escenario propuesto	1.42	331.80	96.00%	96.00%	82.38%	79.08%	5,820.91	45,178,155.04	3	\$ 196,913.37
Mejora			0.50%	0.20%	0.00%	0.16%	12.15	94,317.65	4	\$ 205,491.00
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.80% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 82.38%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 214,440.61
									6	\$ 223,795.04
									7	\$ 233,554.27
									8	\$ 243,740.20
									9	\$ 254,385.65
									10	\$ 265,490.61
									Total	

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#1 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 82.38% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.80%	82.38%	78.92%	5,833.06	45,272,472.69	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.90%	84.21%	5,466.52	42,427,599.72	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	5.52%	5.29%	366.54	2,844,872.98		\$ 5,453,667.02
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.80%	84.11%	5,472.74	42,475,922.72	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.42%	5.20%	360.32	2,796,549.97	-	\$ 5,594,598.89
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.72%	84.04%	5,477.73	42,514,660.46	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.34%	5.12%	355.33	2,757,812.24	-	\$ 5,757,672.14
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.65%	83.97%	5,482.11	42,548,613.98	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.27%	5.05%	350.95	2,723,858.72	-	\$ 5,934,503.67
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.60%	83.92%	5,485.24	42,572,899.72	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.22%	5.00%	347.82	2,699,572.98	-	\$ 6,137,749.12
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.58%	83.90%	5,486.49	42,582,621.78	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.20%	4.98%	346.57	2,689,850.92	-	\$ 6,382,424.46
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.56%	83.88%	5,487.74	42,592,348.28	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.18%	4.97%	345.32	2,680,124.42	-	\$ 6,636,663.45
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.55%	83.87%	5,488.37	42,597,213.19	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.17%	4.96%	344.69	2,675,259.50	-	\$ 6,913,534.01
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.54%	83.86%	5,489.00	42,602,079.22	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.16%	4.95%	344.06	2,670,393.47	-	\$ 7,202,360.96
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.80%	87.53%	83.85%	5,489.62	42,606,946.36	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	5.15%	4.94%	343.44	2,665,526.33	-	\$ 7,503,072.79
							Total		\$ 63,516,246.53

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.42 m³/s y una carga de 332 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 82.38% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.80% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#1de PB#4

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.80%	82.38%	78.92%	5,833.06	45,272,472.69	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.90%	84.38%	5,455.13	42,339,208.88	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.20%	5.52%	5.47%	377.93	2,933,263.81		\$ 5,623,113.66
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.80%	84.29%	5,461.34	42,387,431.22	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.42%	5.37%	371.72	2,885,041.48	-	\$ 5,771,629.34
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.72%	84.21%	5,466.32	42,426,088.25	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.34%	5.29%	366.74	2,846,384.45	-	\$ 5,942,590.37
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.65%	84.14%	5,470.69	42,459,971.03	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.27%	5.23%	362.37	2,812,501.66	-	\$ 6,127,631.12
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.60%	84.10%	5,473.81	42,484,206.18	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.22%	5.18%	359.25	2,788,266.52	-	\$ 6,339,402.76
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.58%	84.08%	5,475.06	42,493,907.98	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.20%	5.16%	358.00	2,778,564.71	-	\$ 6,592,922.78
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.56%	84.06%	5,476.31	42,503,614.22	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.18%	5.14%	356.75	2,768,858.48	-	\$ 6,856,391.34
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.55%	84.05%	5,476.94	42,508,469.00	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.17%	5.13%	356.12	2,764,003.69	-	\$ 7,142,871.02
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.54%	84.04%	5,477.56	42,513,324.89	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.16%	5.12%	355.50	2,759,147.80	-	\$ 7,441,741.69
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.53%	84.03%	5,478.19	42,518,181.89	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.20%	5.15%	5.11%	354.87	2,754,290.80	-	\$ 7,752,931.99
Total									\$ 65,591,226.07

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.42 m³/s y una carga de 332 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 82.38% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.80%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#2 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.90% por uno de eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecá nica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	1	\$ 100,550.53
Escenario actual	1.51	330.40	95.50%	95.90%	78.34%	75.13%	6,487.72	50,353,523.52	2	\$ 104,931.29
Escenario propuesto	1.51	330.40	96.00%	96.00%	78.34%	75.21%	6,480.96	50,301,071.94	3	\$ 109,506.74
Mejora			0.50%	0.10%	0.00%	0.08%	6.76	52,451.59	4	\$ 114,276.90
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.90% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.34%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$ 119,253.93
									6	\$ 124,456.08
									7	\$ 129,883.35
									8	\$ 135,547.91
									9	\$ 141,468.01
									10	\$ 147,643.66
									Total	\$ 1,227,518.41

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#2 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 78.34% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.90%	78.34%	75.13%	6,487.72	50,353,523.52	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.90%	84.30%	5,782.27	44,878,248.94	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	9.56%	9.17%	705.45	5,475,274.58		\$ 10,496,188.98
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.80%	84.20%	5,788.85	44,929,363.12	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.46%	9.07%	698.87	5,424,160.41	-	\$ 10,851,228.16
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.72%	84.12%	5,794.13	44,970,338.37	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.38%	8.99%	693.59	5,383,185.15	-	\$ 11,238,841.70
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.65%	84.06%	5,798.76	45,006,253.07	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.31%	8.93%	688.96	5,347,270.45	-	\$ 11,650,162.30
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.60%	84.01%	5,802.07	45,031,941.57	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.26%	8.88%	685.65	5,321,581.95	-	\$ 12,099,148.72
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.58%	83.99%	5,803.39	45,042,225.18	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.24%	8.86%	684.33	5,311,298.34	-	\$ 12,602,542.47
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.56%	83.97%	5,804.72	45,052,513.50	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.22%	8.84%	683.00	5,301,010.03	-	\$ 13,126,636.68
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.55%	83.96%	5,805.38	45,057,659.41	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.21%	8.83%	682.34	5,295,864.11	-	\$ 13,685,826.23
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.54%	83.95%	5,806.05	45,062,806.51	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.20%	8.82%	681.67	5,290,717.01	-	\$ 14,269,677.51
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	95.90%	87.53%	83.94%	5,806.71	45,067,954.78	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	9.19%	8.81%	681.01	5,285,568.75	-	\$ 14,878,114.90
Total									\$ 124,898,367.66

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.51 m³/s y una carga de 330 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.34% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.90%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 95.90% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor en GMB#2 de PB#4

Resultados de la sustitución del conjunto GMB con motor eléctrico de mejor eficiencia con valor de 96.00% y bomba con mejor eficiencia del 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia de la bomba en el período de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	95.90%	78.34%	75.13%	6,487.72	50,353,523.52	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.90%	84.38%	5,776.24	44,831,500.76	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.10%	9.56%	9.25%	711.48	5,522,022.76	-	\$ 10,585,805.98
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.80%	84.29%	5,782.82	44,882,561.70	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.46%	9.16%	704.90	5,470,961.83	-	\$ 10,944,856.09
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.72%	84.21%	5,788.10	44,923,494.27	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.38%	9.08%	699.62	5,430,029.26	-	\$ 11,336,641.32
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.65%	84.14%	5,792.72	44,959,371.56	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.31%	9.01%	695.00	5,394,151.97	-	\$ 11,752,303.62
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.60%	84.10%	5,796.02	44,985,033.30	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.26%	8.97%	691.69	5,368,490.22	-	\$ 12,205,799.37
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.58%	84.08%	5,797.35	44,995,306.20	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.24%	8.95%	690.37	5,358,217.32	-	\$ 12,713,870.90
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.56%	84.06%	5,798.67	45,005,583.79	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.22%	8.93%	689.05	5,347,939.73	-	\$ 13,242,846.45
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.55%	84.05%	5,799.33	45,010,724.35	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.21%	8.92%	688.38	5,342,799.17	-	\$ 13,807,118.07
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.54%	84.04%	5,800.00	45,015,866.08	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.20%	8.91%	687.72	5,337,657.44	-	\$ 14,396,281.28
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.53%	84.03%	5,800.66	45,021,008.99	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.10%	9.19%	8.90%	687.06	5,332,514.53	-	\$ 15,010,260.52
								Total	\$ 125,995,783.60

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.51m³/s y una carga de 330 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 78.34% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 95.90%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar todo el GMB, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00%. Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#3 de PB#4.

El elemento motor es de eficiencia medida de 96.00%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#3 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 84.23% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.00%	84.23%	80.86%	5,588.56	43,374,824.14	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.90%	84.38%	5,355.46	41,565,629.85	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	3.67%	3.52%	233.10	1,809,194.29	-	\$ 3,468,254.41
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.80%	84.29%	5,361.56	41,612,971.11	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.57%	3.42%	227.00	1,761,853.03	-	\$ 3,524,650.41
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.72%	84.21%	5,366.45	41,650,921.84	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.49%	3.35%	222.11	1,723,902.30	-	\$ 3,599,108.06
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.65%	84.14%	5,370.73	41,684,185.55	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.42%	3.28%	217.83	1,690,638.59	-	\$ 3,683,414.58
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.60%	84.10%	5,373.80	41,707,977.89	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.37%	3.23%	214.76	1,666,846.25	-	\$ 3,789,741.62
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.58%	84.08%	5,375.02	41,717,502.44	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.35%	3.21%	213.53	1,657,321.70	-	\$ 3,932,459.79
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.56%	84.06%	5,376.25	41,727,031.33	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.33%	3.19%	212.31	1,647,792.81	-	\$ 4,080,350.23
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.55%	84.05%	5,376.87	41,731,797.41	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.32%	3.18%	211.69	1,643,026.73	-	\$ 4,245,988.53
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.54%	84.04%	5,377.48	41,736,564.58	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.31%	3.17%	211.08	1,638,259.56	-	\$ 4,418,576.06
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.53%	84.03%	5,378.10	41,741,332.84	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	3.30%	3.16%	210.46	1,633,491.30	-	\$ 4,598,042.78
							Total		\$ 39,340,586.49

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.40 m³/s y una carga de 330 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 84.23% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.00%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#3 de PB#4.

No se recomienda debido a que la alternativa #1 tampoco es recomendada.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#4.

El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.00%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#4 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 79.93% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.00%	79.93%	76.73%	5,956.81	46,232,915.23	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.90%	84.38%	5,416.71	42,041,045.44	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	7.97%	7.65%	540.09	4,191,869.79	-	\$ 8,035,881.45
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.80%	84.29%	5,422.88	42,088,928.18	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.87%	7.55%	533.93	4,143,987.05	-	\$ 8,290,195.27
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.72%	84.21%	5,427.83	42,127,312.98	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.79%	7.48%	528.98	4,105,602.25	-	\$ 8,571,545.00
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.65%	84.14%	5,432.16	42,160,957.15	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.72%	7.41%	524.64	4,071,958.08	-	\$ 8,871,623.93
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.60%	84.10%	5,435.26	42,185,021.62	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.67%	7.36%	521.54	4,047,893.60	-	\$ 9,203,290.90
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.58%	84.08%	5,436.50	42,194,655.11	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.65%	7.34%	520.30	4,038,260.12	-	\$ 9,581,902.85
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.56%	84.06%	5,437.74	42,204,292.99	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.63%	7.32%	519.06	4,028,622.24	-	\$ 9,975,883.87
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.55%	84.05%	5,438.37	42,209,113.58	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.62%	7.31%	518.44	4,023,801.64	-	\$ 10,398,501.35
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.54%	84.04%	5,438.99	42,213,935.28	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.61%	7.31%	517.82	4,018,979.95	-	\$ 10,839,655.13
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.00%	87.53%	84.03%	5,439.61	42,218,758.08	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.60%	7.30%	517.20	4,014,157.15	-	\$ 11,299,274.35
							Total		\$ 95,067,754.12

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.41 m³/s y una carga de 332 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 79.93% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.00%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#4 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.00% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#4 de PB#4.

No se recomienda debido a que la alternativa #1 tampoco se recomienda.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#4.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento motor eléctrico de eficiencia medida de 95.80% por uno de eficiencia con valor de 96.00%

Cálculos para la sustitución									Año	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
	Gasto, m ³ /s	Carga, m	Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor medida, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh		
									1	\$183,839.97
Escenario actual	1.55	331.10	95.50%	95.80%	88.25%	84.54%	5,930.86	46,031,532.12	2	\$191,849.45
Escenario propuesto	1.55	331.10	96.00%	96.00%	88.25%	84.72%	5,918.50	45,935,633.09	3	\$200,214.92
Mejora			0.50%	0.20%	0.00%	0.18%	12.36	95,899.03	4	\$208,936.36
<p align="center">Notas sobre los cálculos:</p> <p>En el estado actual, se utiliza la eficiencia medida del motor eléctrico del 95.80% y la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 88.25%.</p> <p>En el estado propuesto, que involucra cambiar motor eléctrico por uno de mejor eficiencia, se utiliza un valor de 96.00% y se mantiene la bomba actual (no hay cambio de bomba). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.</p>									5	\$218,036.02
									6	\$227,547.29
									7	\$237,470.15
									8	\$247,826.86
									9	\$258,650.80
									10	\$269,941.95
									Total	\$2,244,313.76

Alternativa #2: Sustitución de bomba en GMB#5 de PB#4.

El elemento bomba es de eficiencia medida de 88.25%. La bomba disponible en el mercado es de eficiencia nominal con valor de 88.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución.

Alternativa #3: Sustitución de bomba y motor eléctrico en GMB#5 de PB#4.

No se recomienda porque tampoco se recomienda la Alternativa #2.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#1 de PB#5.

El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.50%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#1 de PB#5.									
Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 80.39% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años									
Cálculos para la sustitución									
		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.50%	80.39%	77.58%	5,899.92	45,791,421.48	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.90%	84.82%	5,395.87	41,879,265.13	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	7.51%	7.25%	504.06	3,912,156.35		\$ 7,499,666.32
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.80%	84.73%	5,402.01	41,926,963.61	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.41%	7.15%	497.91	3,864,457.87	-	\$ 7,730,987.09
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.72%	84.65%	5,406.94	41,965,200.70	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.33%	7.07%	492.98	3,826,220.79	-	\$ 7,988,261.32
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.65%	84.58%	5,411.26	41,998,715.40	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.26%	7.01%	488.67	3,792,706.08	-	\$ 8,263,214.25
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.60%	84.53%	5,414.35	42,022,687.27	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.21%	6.96%	485.58	3,768,734.21	-	\$ 8,568,594.10
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.58%	84.51%	5,415.58	42,032,283.68	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.19%	6.94%	484.34	3,759,137.80	-	\$ 8,919,606.99
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.56%	84.50%	5,416.82	42,041,884.48	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.17%	6.92%	483.10	3,749,537.00	-	\$ 9,284,798.50
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.55%	84.49%	5,417.44	42,046,686.52	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.16%	6.91%	482.48	3,744,734.96	-	\$ 9,677,323.83
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.54%	84.48%	5,418.06	42,051,489.66	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.15%	6.90%	481.87	3,739,931.82	-	\$ 10,087,029.95
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.50%	87.53%	84.47%	5,418.68	42,056,293.90	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	7.14%	6.89%	481.25	3,735,127.58	-	\$ 10,513,846.29
								Total	\$ 88,533,328.65

Notas sobre los cálculos:
El flujo de agua medido es de 1.40 m³/s y una carga de 335 m.
En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 80.39% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.50%.
En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#5 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.50% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#3 de PB#5.
El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.30%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#3 de PB#5.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 75.57% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.30%	75.57%	72.78%	6,055.60	46,999,720.16	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.90%	84.65%	5,206.40	40,408,757.82	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	12.33%	11.87%	849.20	6,590,962.34	-	\$ 12,634,980.26
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.80%	84.55%	5,212.33	40,454,781.46	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.23%	11.77%	843.27	6,544,938.70	-	\$ 13,093,385.48
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.72%	84.47%	5,217.09	40,491,675.93	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.15%	11.70%	838.52	6,508,044.23	-	\$ 13,587,286.49
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.65%	84.41%	5,221.25	40,524,013.83	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.08%	11.63%	834.35	6,475,706.33	-	\$ 14,108,699.08
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.60%	84.36%	5,224.23	40,547,143.97	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.03%	11.58%	831.37	6,452,576.18	-	\$ 14,670,577.21
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.58%	84.34%	5,225.42	40,556,403.43	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	12.01%	11.56%	830.18	6,443,316.73	-	\$ 15,288,573.07
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.56%	84.32%	5,226.62	40,565,667.11	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.99%	11.54%	828.99	6,434,053.05	-	\$ 15,932,336.72
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.55%	84.31%	5,227.22	40,570,300.54	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.98%	11.53%	828.39	6,429,419.62	-	\$ 16,615,214.79
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.54%	84.30%	5,227.81	40,574,935.03	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.97%	11.52%	827.79	6,424,785.13	-	\$ 17,328,390.77
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.53%	84.29%	5,228.41	40,579,570.57	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	11.96%	11.51%	827.19	6,420,149.58	-	\$ 18,071,796.58
							Total		\$ 151,331,240.44

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.38 m³/s y una carga de 327 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 75.57% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.30%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#5 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.30% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#4 de PB#5.

El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.20%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#4 de PB#5.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 81.25% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.20%	81.25%	78.17%	6,022.67	46,744,118.51	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.90%	84.56%	5,567.34	43,210,147.63	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	6.65%	6.39%	455.33	3,533,970.88		\$ 6,774,678.73
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.80%	84.46%	5,573.68	43,259,361.92	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.55%	6.30%	448.99	3,484,756.59	-	\$ 6,971,381.02
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.72%	84.39%	5,578.77	43,298,814.14	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.47%	6.22%	443.90	3,445,304.37	-	\$ 7,192,996.22
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.65%	84.32%	5,583.22	43,333,393.91	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.40%	6.15%	439.45	3,410,724.60	-	\$ 7,430,986.61
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.60%	84.27%	5,586.41	43,358,127.59	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.35%	6.10%	436.26	3,385,990.93	-	\$ 7,698,388.97
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.58%	84.25%	5,587.68	43,368,028.96	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.33%	6.09%	434.99	3,376,089.55	-	\$ 8,010,717.76
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.56%	84.23%	5,588.96	43,377,934.86	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.31%	6.07%	433.71	3,366,183.65	-	\$ 8,335,519.00
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.55%	84.22%	5,589.60	43,382,889.51	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.30%	6.06%	433.07	3,361,229.00	-	\$ 8,686,249.33
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.54%	84.21%	5,590.24	43,387,845.29	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.29%	6.05%	432.43	3,356,273.22	-	\$ 9,052,258.21
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.20%	87.53%	84.20%	5,590.88	43,392,802.20	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	6.28%	6.04%	431.79	3,351,316.31	-	\$ 9,433,472.83
								Total	\$ 79,586,648.68

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.44 m³/s y una carga de 335 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 81.25% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.20%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#5 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.20% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

Alternativa #1: Sustitución de motor eléctrico en GMB#5 de PB#5.

El elemento motor eléctrico es de eficiencia medida de 96.30%. El motor disponible en el mercado es de eficiencia con valor de 96.00%. Por lo tanto, no se recomienda sustitución de motor

Alternativa #2: Sustitución de la bomba en GMB#5 de PB#5.

Resultados de la sustitución de sólo el elemento bomba con eficiencia calculada de 83.08% por una de mayor eficiencia con valor nominal de 88.00% con proyección del decaimiento de la eficiencia en el periodo de 10 años

Cálculos para la sustitución

		Eficiencia del motor nominal, %	Eficiencia del motor, %	Eficiencia de la bomba, %	Eficiencia electromecánica, %	Potencia demandada por el motor, kW	Energía anual, kWh	Costo de tarifa en MXN	Ahorro incluyendo iva del 16% en MXN
Escenario actual		95.50%	96.30%	83.08%	80.01%	6,187.33	48,022,126.73	-	-
Año 1	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.90%	84.65%	5,848.28	45,390,645.06	\$ 1.9170	-
	Mejora	0.00%	0.00%	4.82%	4.64%	339.05	2,631,481.67	-	\$ 5,044,592.46
Año 2	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.80%	84.55%	5,854.95	45,442,342.83	\$ 2.0005	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.72%	4.54%	332.39	2,579,783.89	-	\$ 5,160,950.55
Año 3	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.72%	84.47%	5,860.29	45,483,785.92	\$ 2.0878	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.64%	4.47%	327.05	2,538,340.81	-	\$ 5,299,466.71
Año 4	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.65%	84.41%	5,864.97	45,520,110.67	\$ 2.1787	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.57%	4.40%	322.37	2,502,016.05	-	\$ 5,451,172.39
Año 5	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.60%	84.36%	5,868.31	45,546,092.47	\$ 2.2736	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.52%	4.35%	319.02	2,476,034.25	-	\$ 5,629,511.48
Año 6	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.58%	84.34%	5,869.65	45,556,493.50	\$ 2.3728	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.50%	4.33%	317.68	2,465,633.23	-	\$ 5,850,405.21
Año 7	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.56%	84.32%	5,870.99	45,566,899.28	\$ 2.4763	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.48%	4.31%	316.34	2,455,227.45	-	\$ 6,079,761.88
Año 8	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.55%	84.31%	5,871.66	45,572,103.95	\$ 2.5842	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.47%	4.30%	315.67	2,450,022.78	-	\$ 6,331,466.46
Año 9	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.54%	84.30%	5,872.34	45,577,309.81	\$ 2.6971	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.46%	4.29%	315.00	2,444,816.92	-	\$ 6,593,954.82
Año 10	Escenario propuesto	95.50%	96.30%	87.53%	84.29%	5,873.01	45,582,516.86	\$ 2.8149	-
	Mejora	95.50%	0.00%	4.45%	4.28%	314.33	2,439,609.87	-	\$ 6,867,150.47
								Total	\$ 58,308,432.44

Notas sobre los cálculos:

El flujo de agua medido es de 1.51 m³/s y una carga de 336 m.

En el estado actual, se marca con negro la eficiencia calculada de la bomba con datos de mediciones del 83.08% y marcado con azul, la eficiencia medida del motor eléctrico con 96.30%.

En el estado propuesto, que involucra cambiar sólo la bomba y manteniendo el mismo motor eléctrico, se marcan con amarillo los valores de eficiencia de la bomba de acuerdo al modelo de decaimiento diseñado para PB#5 y con morado, se marca el valor de la eficiencia propuesta del motor con valor de 96.30% (no hay cambio de motor). Los valores en verde muestran los resultados obtenidos de la sustitución.

11. Apéndice D Validación del SGEN

NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
4. CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN						
4.1	Comprensión de la organización y su contexto	La organización debe determinar las cuestiones externas e internas que son pertinentes para su propósito y que afectan su capacidad de lograr los resultados previstos de su SGEN y mejorar su desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 4.1, página 4)	Existen algunos detalles de ortografía y formato (justificación del texto, uso de sangrías, tamaños de letra irregulares en los diagramas(figura 2))	
4.2	Comprensión de las necesidades y las expectativas de las partes interesadas	La organización debe determinar:	a) Las partes interesadas que son pertinentes para el desempeño energético y el SGEN	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 4.2, inciso a), página 7)	
		b) Los requisitos pertinentes de esas partes interesadas	Cumplimiento	PG-OPYMM-01 (punto 6.1)		
		c) Cuáles de las necesidades y expectativas identificadas aborda la organización mediante su SGEN	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 4.2, inciso c), página 7)		
	La organización debe:	a) Asegurar que tiene acceso a los requisitos legales aplicables y a otros requisitos que se relacionan con su eficiencia energética, uso de la energía y consumo de energía	Cumplimiento	PG-OPYMM-01 (punto 8)		

			b) Determinar cómo estos requisitos se aplican a su eficiencia energética, a su uso de la energía y a su consumo de energía	Cumplimiento	PG-OPYMM-01 (tabla 1)		
			c) Asegurar que estos requisitos se toman en cuenta	Cumplimiento	PG-OPYMM-01 (punto 6.2) y formato PG-SGEn-01-R01	Algunos errores ortográficos en la lista de verificación (ya fueron corregidos)	
			d) Revisar a intervalos definidos sus requisitos legales y otros requisitos	Cumplimiento	MN-SGEn-01 se específica: PS-SGEn-02 y PG-OPYMM-01-IPR-01		
4.3	Determinación del alcance del sistema de gestión de la energía	La organización debe determinar los límites y la aplicabilidad del SGEn para establecer su alcance		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 4.3)		
		Al determinar el alcance del SGEn, la organización debe considerar:	a) Las cuestiones externas e internas a las que se hace referencia en 4.1	Cumplimiento			
			b) Los requisitos a los que se hace referencia en 4.2.	Cumplimiento			
		La organización debe asegurar que tiene la autoridad de controlar su eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía dentro del alcance y los límites.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 4.3)		
		La organización no debe excluir ningún tipo de energía que esté dentro del alcance y de los límites		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 4.3)		
		El alcance y los límites del SGEn deben mantenerse como información documentada		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 4.3)		

4.4	Sistema de gestión de la energía	La organización debe establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente un SGE _n , incluyendo los procesos necesarios y sus interacciones, y mejorar continuamente el desempeño energético, de acuerdo con los requisitos de esta norma.	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 4.4)		
NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
5. LIDERAZGO						
5.1	Liderazgo y compromiso	La alta dirección debe demostrar liderazgo y compromiso con respecto a la mejora continua de su desempeño energético y la eficacia de su SGE _n :	a) Asegurando que se han establecido el alcance y los límites del SGE _n	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 5.1, inciso a)	Redirige al punto 4.3 de MN-SGE _n -01, dónde se menciona el alcance y límites
			b) Asegurando que se han establecido la política energética (véase 5.2), los objetivos y las metas energéticas (véase 6.2) y que son compatibles con la dirección estratégica de la organización	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 5.1, inciso b)	Redirige a los puntos correspondientes dentro de MN-SGE _n -01
			c) Asegurando la integración de los requisitos del SGE _n en los procesos del negocio de la organización	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 5.1, inciso c)	Solo se menciona
			d) Asegurando que los planes de acción están aprobados e implementados	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 5.1, inciso d)	Solo se menciona
			e) Asegurando que están disponibles los recursos necesarios para el SGE _n	Cumplimiento	MN-SGE _n -01 (punto 5.1, inciso e)	Solo se menciona

		f) Comunicando la importancia de la gestión de la energía eficaz y en conformidad con los requisitos del SGEN	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso f)	Se indica en dónde se realiza (página de la CEA)	
		g) Asegurando que el SGEN logra los resultados previstos	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso g)	Solo se menciona	
		h) Promoviendo la mejora continua del desempeño energético y del SGEN	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso h)	Solo se menciona	
		i) Asegurando la conformación de un equipo de gestión de la energía	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso i)	Redirige al punto 4.1 de MN-SGEN-01	
		j) Dirigiendo y apoyando a las personas para que contribuyan a la eficacia del SGEN y a la mejora del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso j)	Solo se menciona	
		k) Apoyando a otros roles de gestión pertinentes para demostrar su liderazgo, según se aplique a sus áreas de responsabilidad;	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso k)	Solo se menciona	
		l) Asegurando que los IDEn representan apropiadamente el desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso l)	Solo se menciona	
		m) Asegurando que los procesos se establecen e implementan para identificar y abordar los cambios que afectan al SGEN y al desempeño energético dentro del alcance y los límites del SGEN	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 5.1, inciso m)	Solo se menciona	

5.2	Política energética	La alta dirección debe establecer una política energética que:	a) Sea apropiada a los propósitos de la organización;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2)		
			b) Proporcione el marco para establecer y revisar los objetivos y las metas energéticas (véase 6.2)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2)		
			c) Incluya el compromiso de asegurar la disponibilidad de la información y de los recursos necesarios para lograr los objetivos y las metas energéticas;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2, segundo párrafo)		
			d) Incluya el compromiso de satisfacer los requisitos legales aplicables y otros requisitos (véase 4.2) que se relacionan con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 4.2)		
			e) Incluya el compromiso de la mejora continua (véase 10.2) del desempeño energético y del SGEn	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2, primer párrafo)		
			f) Apoye la adquisición (véase 8.3) de productos y servicios de eficiencia energética que impactan en el desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2, segundo párrafo)		
			g) Apoye las actividades de diseño (véase 8.2) que consideren la mejora del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2, párrafo 3)		
		La política energética debe:	a) Estar disponible como información documentada (véase 7.5)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2)		

			b) Ser comunicada dentro de la organización	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2)	Se manifestó que todos los que conforman ANEM están comprometidos	
			c) Estar disponible para las partes interesadas, cuando sea apropiado	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2)	Si MN-SGEn-01 está disponible a las partes interesadas se cumple	
			d) Ser periódicamente revisada y actualizada cuando sea necesario	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.2, párrafo 3)		
5.3	Roles, responsabilidades y autoridades en la organización	La alta dirección debe asegurar que las responsabilidades y las autoridades para los roles pertinentes son asignados y comunicados dentro de la organización		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3)	No existe un punto 5.3 dentro de MN-SGEn-01 que asegure esto o redirija a las secciones correspondientes	
		La alta dirección debe asignar la responsabilidad y la autoridad al equipo de gestión de la energía para:	a) Asegurar que el SGEn se establezca, implemente, mantenga y mejore continuamente	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3 a)		
			b) Asegurar que el SGEn cumple con los requisitos de esta norma	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3 b)		
			c) Implementar planes de acción (véase 6.2) para la mejora continua del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3 c)	Se encuentra en MN-SGEn-01 punto 6.2 pero no existe el punto 5.3	
			d) Informar sobre el desempeño del SGEn y la mejora del desempeño energético a la alta dirección, a intervalos determinados	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3 d)	No existe un punto 5.3 dentro de MN-SGEn-01 que asegure esto o redirija a las secciones correspondientes	
			e) Establecer los criterios y métodos necesarios para asegurar que la operación y el control del SGEn sean eficaces	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 5.3 e)		

NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA		
6. PLANIFICACIÓN								
6.1	Acciones para abordar los riesgos y las oportunidades	6.1.1	Al planificar para el SGEEn, la organización debe considerar las cuestiones a las que se hacen referencia en 4.1, los requisitos que se mencionan en 4.2 y revisar las actividades de la organización y los procesos que puedan afectar el desempeño energético.	Cumplimiento	PG-SGEEn-01			
			La planificación debe ser consistente con la política energética y debe conducir a las acciones que dan como resultado la mejora continua en el desempeño energético.	Cumplimiento	MN-SGEEn-01 (punto 6.1.1)			
		La organización debe determinar los riesgos y las oportunidades que es necesario abordar con el fin de:	a) Asegurar que el SGEEn puede alcanzar los resultados previstos, incluyendo la mejora del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEEn-01 (punto 6.1.1)			
			b) Prevenir o reducir los efectos no deseados	Cumplimiento	MN-SGEEn-01 (punto 6.1.1)			
			c) Lograr la mejora continua del SGEEn y del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEEn-01 (punto 6.1.1)			
		6.1.2	La organización debe planificar	a) Las acciones para abordar estos riesgos y oportunidades	Cumplimiento	PG-SGEEn-0-R03		
				b) La manera de: Integrar e implementar las acciones en su SGEEn y en sus procesos de desempeño energético;	Cumplimiento	MN-SGEEn-01 (punto 6.1.2)		Modificar en el manual el formato

					Evaluar la eficacia de estas acciones	Cumplimiento	PS-SGEn-02	El archivo presenta un tamaño irregular de letra (a veces es de 10 y a veces de 11).	
6.2	Objetivos, metas energéticas y la planificación para lograrlos	6.2.1	La organización debe establecer objetivos en las funciones y los niveles pertinentes. La organización debe establecer metas energéticas.		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (6.0 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES Y RESPONSABILIDADES.)			
		6.2.2	Los objetivos y las metas energéticas deben:	a) Ser consistentes con la política energética (véase 5.2);	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				b) Ser medibles (si es factible);	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				c) Tomar en cuenta los requisitos aplicables	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				d) Considerar los USE (véase 6.3)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				e) Tomar en cuenta las oportunidades (véase 6.3) para mejorar el desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				f) Ser objeto de seguimiento	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				g) Ser comunicados	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
				h) Ser actualizados según sea apropiado	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.2)			
			La organización debe conservar la información documentada (véase 7.5) sobre los objetivos y las metas energéticas.	Cumplimiento	PG-SGEn-01 (punto 6.2.3)				
		6.2.3	Al planificar cómo alcanzar sus objetivos y sus metas energéticas,	a) Qué se hará	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)			
b) Qué recursos serán necesarios	Cumplimiento			MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)					
c) Quién será responsable	Cumplimiento			MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)					

		la organización debe establecer y mantener planes de acción que incluyan:	d) Cuándo se completará	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)	No se especifica que es "POA" en los términos y definiciones		
			d) Cómo se evaluarán los resultados, incluyendo los métodos utilizados para verificar las mejoras del desempeño energético (véase 9.1)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)			
		La organización debe considerar cómo las acciones para alcanzar sus objetivos y las metas energéticas se pueden integrar a los procesos del negocio de la organización		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)			
		La organización debe conservar la información documentada de los planes de acción		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.2.3)			
6.3	Revisión energética	La organización debe desarrollar y llevar a cabo una revisión energética		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)			
		Para realizar la revisión energética, la organización debe:	a) Analizar el uso y el consumo de energía con base en la medición y otros datos, es decir:	1) Identificar los tipos de energía actuales (véase 3.5.1)	Cumplimiento	PG-SGEn-01 (9.0 ENTRADAS)		
				2) Evaluar el uso y el consumo de energía en el pasado y en la actualidad.	Cumplimiento	PG-SGEn-01 (9.0 ENTRADAS)		
			b) Con base en el análisis, identificar los USE (véase 3.5.6);	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona		
		c) Para cada USE	1) Determinar las variables relevantes	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona		
			2) Determinar el desempeño energético actual	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona		

			3) Identificar a las personas que trabajan bajo su control que influyen o afectan a los USE.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona	
			d) Determinar y priorizar las oportunidades para mejorar el desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona	
			e) Estimar los usos y consumos de energía en el futuro	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.3)	Solo se menciona	
		La revisión energética debe actualizarse a intervalos de tiempo definidos y también como respuesta a los cambios importantes en la instalación, el equipo, los sistemas o los procesos que utilizan energía.		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (Planeación)		
		La organización debe mantener los métodos y criterios utilizados para realizar la revisión energética como información documentada (véase 7.5) y debe conservar la información documentada de sus resultados.		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (Planeación)		
6.4	Indicadores de desempeño energético	La organización debe determinar los IDEn que:	a) Sean apropiados para la medición y el seguimiento de su desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.4)		
			b) Le permitan a la organización demostrar la mejora del desempeño energético.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.4)		
		El método para determinar y actualizar los IDEn debe mantenerse como información documentada (véase 7.5).		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (Planeación)		
		Cuando la organización tenga datos que indiquen que las variables relevantes afectan en forma significativa el desempeño energético, la organización debe considerar dichos datos para establecer los IDEn apropiados.		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (Planeación)		
		Los valores de los IDEn deben revisarse y compararse con sus respectivas LBEn, según sea apropiado. La organización debe conservar la información documentada (véase 7.5) de los valores de los IDEn.		Cumplimiento	PG-SGEn-01 (Planeación)		

6.5	Línea de base energética	La organización debe establecer una o varias LBEEn utilizando la información de la revisión energética (véase 6.3), tomando en cuenta un período apropiado		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		
		Cuando la organización tenga datos que indiquen que las variables relevantes afectan en forma significativa el desempeño energético, la organización debe realizar la normalización de los valores de los IDEn y las correspondientes LBEEn.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		
		Las LBEEn deben revisarse en caso de uno o más de los siguientes:	a) Los IDEn ya no reflejan el desempeño energético de la organización	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		
			b) Existen cambios importantes en los factores estáticos	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		
			c) De acuerdo con un método predeterminado	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		
		La organización debe conservar la información de las LBEEn, los datos de las variables relevantes y las modificaciones a las LBEEn como información documentada (véase 7.5)		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 6.5)		En el punto 6.5 del de MN-SGEn-01 no se asegura esto o se redirige a las secciones correspondientes
6.6	Planificación para la recopilación de datos de la energía	La organización debe asegurar que las características principales de sus operaciones, que afectan el desempeño energético, sean identificadas, medidas, ser objeto de seguimiento y analizadas a intervalos planificados (véase 9.1)		Cumplimiento		No existe un punto 6.6 dentro de MN-SGEn-01 que asegure esto o redirija a las secciones correspondientes	
		La organización debe definir e implementar un plan de recopilación de datos de la energía apropiado a sus dimensiones, complejidad, recursos y a sus equipos de seguimiento y medición.		Cumplimiento			
		El plan debe especificar los datos necesarios para el seguimiento de las características principales y establecer cómo y con qué frecuencia deben recopilarse y conservarse los datos.		Cumplimiento			
		Los datos a recopilar (u	a) Las variables relevantes para los USE;	Cumplimiento			

	obtener por mediciones, según aplique) y la información documentada a conservar (véase 7.5) deben incluir	b) El consumo de energía relacionado con los USE y con la organización	Cumplimiento			
		c) Los criterios operacionales que se relacionan con los USE;	Cumplimiento			
		d) Los factores estáticos, si aplican	Cumplimiento			
		e) Los datos especificados en el plan de acción.	Cumplimiento			
		La recopilación de datos de la energía debe revisarse y actualizarse a intervalos definidos, si es aplicable.	Cumplimiento			
		La organización debe asegurar que el equipo utilizado para la medición de las características más importantes proporcione datos que sean precisos y repetibles.	Cumplimiento			
		La organización debe conservar la información documentada (véase 7.5) sobre las mediciones, seguimiento y otros medios para establecer la precisión y la repetición.	Cumplimiento			

NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
REQUISITO 7. APOYO						

7.1	Recursos	La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para establecer, implementar, mantener y mejorar continuamente el desempeño energético y el SGEEn.		Cumplimiento	PS-SGEn-08-R01(costos y recursos), PS-SGEn-08 (proyectos que hayan sido autorizados)	Solo son los formatos	
7.2	Competencia	La organización debe:	a) Determinar la competencia necesaria de las personas que trabajen bajo su control, que afecten su desempeño energético y el SGEEn;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.2)		
			b) Asegurar que dichas personas son competentes con base en la formación apropiada, la capacitación, las habilidades o la experiencia;	Cumplimiento	Encuestas en MN-SGEn-01 (punto 7.2)		
			c) Cuando sea aplicable, tomar acciones para adquirir la competencia necesaria y evaluar la eficacia de las acciones adoptadas;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.2)		
			d) Conservar la información documentada apropiada (véase 7.5) como	Cumplimiento	PG-SGEn-02 y PG-SGEn-02-R01(registro)	Solo son los formatos	

			evidencia de la competencia				
7.3	Toma de conciencia	Las personas que estén trabajando bajo el control de la organización deben tomar conciencia de:	a) La política energética (véase 5.2);	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.3)		
			b) Su contribución a la eficacia del SGEn, incluyendo el logro de los objetivos y las metas energéticas (véase 6.2) y los beneficios de mejorar el desempeño energético;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.3), PG-SGEn_02 y PG-SGEn_01		
			c) El impacto de sus actividades o de su comportamiento con respecto al desempeño energético;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.3) y PG-SGEn_02		
			d) Las implicaciones de no cumplir con los requisitos del SGEn	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.3 c))		
7.4	Comunicación	La organización debe determinar las comunicaciones internas y externas que son pertinentes para el SGEn, incluyendo	a) Qué comunicar;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		
			b) Cuándo comunicar;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		
			c) A quién comunicar;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		
			d) Cómo comunicar; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		

					e) Quién comunica	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		
					Al establecer sus procesos de comunicación, la organización debe asegurar que la información comunicada es consistente con la información generada en el SGE n y que es confiable.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.4)		
					La organización debe establecer e implementar un proceso mediante el cual cualquier persona que trabaje bajo el control de la organización pueda realizar comentarios o sugerencias para mejorar el SGE n o el desempeño energético.	Cumplimiento	PS-SGEn-07	El formato del documento es demasiado irregular con la alineación de cuadros y textos	
					La organización debe considerar conservar la información documentada (véase 7.5) de las mejoras sugeridas.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5)		
7.5	Información documentada	7.5.1	Generalidades	El SGE n de la organización debe incluir:	a) La información documentada requerida por esta norma; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5)		
					b) La información documentada que la organización determine como necesaria para la eficacia del SGE n y que demuestre la mejora del desempeño energético	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5)		
		7.5.2	Crear y actualizar	Al crear y actualizar la información documentada, la organización debe asegurar que sean apropiados los aspectos siguientes:	a) La identificación y la descripción (por ejemplo: el título, la fecha, el autor o el número de referencia);	Cumplimiento	PS-SGEn-01 Información documentada		

				b) El formato (por ejemplo: el lenguaje, la versión de software y los gráficos) y los medios (por ejemplo: papel o electrónico); y	Cumplimiento				
				c) La revisión y la aprobación de que es idónea.	Cumplimiento				
7.5.3	Control de la información documentada	La información documentada requerida por el SGE n y por esta norma debe controlarse para asegurar que:	a) Está disponible y es adecuada para su utilización, cuándo y dónde sea necesaria; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y Carpeta digital				
			b) Está protegida adecuadamente (por ejemplo: de la pérdida de confidencialidad, del uso inapropiado, de la pérdida de integridad, entre otros).	Cumplimiento					
		Para el control de la información documentada, según sea aplicable, la organización debe abordar las actividades siguientes:	a) La distribución, acceso, recuperación y utilización;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y PS-SGEn-01	En PS-SGEn-01 las tablas están desalineadas, tamaño irregular de letras con respecto a otros procedimientos			
			b) El almacenamiento y la preservación, incluyendo la preservación de la legibilidad;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y PS-SGEn-01				

				c) El control de los cambios (por ejemplo: el control de la versión); y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y PS-SGEn-01		
				d) La conservación y la disposición	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y PS-SGEn-01		
				La información documentada de origen externo, que la organización determine como necesaria para la planificación y operación del SGEn, debe identificarse, según sea apropiado, y controlarse	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 7.5.3) y PS-SGEn-01		

NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
8. OPERACIÓN						
8.1	Planificación y control operacional	La organización debe planificar, implementar y controlar los procesos que se relacionan con sus USE (véase 6.3),	a) El establecimiento de criterios para los procesos, incluyendo la operación y el mantenimiento eficaz de las instalaciones, el equipo, los sistemas y los procesos que utilizan energía, en los cuales su ausencia puede conducir	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1) y PG-AGEn-01	

		necesarios para cumplir con sus requisitos e implementar las acciones determinadas en 6.2 mediante:	a un desvío significativo del desempeño energético previsto				
			b) La comunicación (véase 7.4) de los criterios a las personas pertinentes que trabajan bajo el control de la organización;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1) y PG-AGEn-01		
			c) La implementación del control de los procesos de acuerdo con los criterios, incluyendo la operación y el mantenimiento de las instalaciones, el equipo, los sistemas y procesos que utilizan energía, de acuerdo con los criterios establecidos; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1) y PG-AGEn-01		
			d) El mantenimiento de la información documentada (véase 7.5) en la medida necesaria para tener la confianza de que los procesos se llevan a cabo según lo planificado.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1) y PG-AGEn-01		
		La organización debe controlar los cambios planificados y revisar las consecuencias de los cambios no previstos, tomando acciones para mitigar cualquier efecto adverso, según sea necesario.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1)		
		La organización debe asegurar que los USE contratados externamente o que los procesos que se relacionan con sus USE (véase 6.3) estén controlados (véase 8.3)		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.1)		
8.2	Diseño	La organización debe considerar las oportunidades de mejora del desempeño energético y el control operacional en el diseño de instalaciones, equipo, sistemas y procesos que utilizan energía, que sean nuevos, modificados y renovados, que puedan tener impacto significativo en su desempeño energético durante el tiempo de vida planificado o esperado.		No conformidad Menor	MN-SGEn-01 (punto 8.2) y PG-PyP-01	PG-PyP-01 no estaba en la carpeta de auditoría, pero sí en drive. PG-PyP-01 utiliza diferentes tamaños de letra a lo largo del mismo. En MN-SGEn-01 no se hace mención del nombre del	

					procedimiento PG-PyP-01	
		Donde sea aplicable, los resultados de la consideración del desempeño energético deben incorporarse a las actividades de especificación, diseño y adquisición.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.2)		
		La organización debe conservar la información documentada de las actividades de diseño que se relacionan con el desempeño energético (véase 7.5)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.2)		
8.3	Adquisición	La organización debe establecer e implementar los criterios para la evaluación del desempeño energético durante el tiempo de vida operativo planificado o esperado al adquirir productos, equipos y servicios que utilizan energía, y que se espera que tengan impacto significativo en el desempeño energético de la organización.	No conformidad Menor	MN-SGEn-01 (punto 8.3) y PG-PyP-02	PG-PyP-02 no estaba en la carpeta de auditoría, pero sí en drive. PG-PyP-02 utiliza diferentes tamaños de letra a lo largo del mismo. En MN-SGEn-01 no se hace mención del nombre del procedimiento PG-PyP-02. ¿PG-PyP-01 y PG-PyP-02 contienen la misma información?	
		Al adquirir productos, equipos y servicios que utilizan energía, que tienen o pueden tener impacto en los USE, la organización debe informar a los proveedores que el desempeño energético es uno de los criterios de evaluación para la adquisición	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.3)		
		<table border="1"> <tr> <td>Cuando sea aplicable, la organización debe</td> <td>a) Asegurar el desempeño energético del equipo y de los servicios adquiridos; y</td> </tr> </table>	Cuando sea aplicable, la organización debe	a) Asegurar el desempeño energético del equipo y de los servicios adquiridos; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.3)
Cuando sea aplicable, la organización debe	a) Asegurar el desempeño energético del equipo y de los servicios adquiridos; y					

	definir y comunicar las especificaciones para:	b) La adquisición de energía.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 8.3)		
--	--	-------------------------------	--------------	---------------------------	--	--

NO.	REQUISITO		DESCRIPCIÓN			CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
9. EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO									
9.1	Seguimiento, medición, análisis y evaluación del	9.1.1	Generalidades	La organización debe determinar para el	a) Qué necesita tener seguimiento y ser medido, incluyendo	1) La eficacia de los planes de acción para alcanzar los objetivos y las	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.1 a)	

desempeño energético y del SGEN	desempeño energético y el SGEN:	como mínimo las características clave siguientes:	metas energéticas;			
			2) Los IDEn;	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 9.1 b)	
			3) La operación de los USE; y	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 9.1 a)	
			4) El consumo de energía real versus el consumo esperado.	Cumplimiento	MN-SGEN-01 (punto 9.1), redirigido a PS-SGEN-02	Oportunidad de mejora en el funcionamiento de los formatos
		b) Los métodos de seguimiento, medición, análisis y evaluación, según corresponda, para asegurar resultados válidos;	Cumplimiento	PS-SGEN-02		
		c) Cuándo debe realizarse el seguimiento y la medición; y	Cumplimiento	PS-SGEN-02-R01	Formato	
		d) Cuándo deben analizarse y evaluarse los resultados del seguimiento y la medición.	Cumplimiento	PS-SGEN-02-R01		
		La organización debe evaluar su desempeño energético y la eficacia del SGEN (véase 6.6).	Cumplimiento	PS-SGEN-02-R01, MN-SGEN-01 (punto 9.1 a,b)	Este requisito sólo es mencionado en PS-SGEN-02-R01, no se expresa como debe ser desarrollado o si tiene un formato	
		La mejora en el desempeño energético debe evaluarse comparando los valores de los IDEn (véase 6.4) con respecto a las LBen correspondientes (véase 6.5).	Cumplimiento	PS-SGEN-02-R01, MN-SGEN-01 (punto 9.1 b)		
		La organización debe investigar y responder a las desviaciones significativas en el desempeño energético. La organización debe conservar la información documentada sobre los resultados de la investigación y la respuesta (véase 7.5)	Cumplimiento	PS-SGEN-02-R01, MN-SGEN-01 (punto 9.1 b)		

			3) Los requisitos de esta Norma (ISO 50001)	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.2), redirigido a PS-SGEn-03		
			c) Está eficazmente implementado y mantenido	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.2), redirigido a PS-SGEn-03		
9.2.2	La organización debe:	a) Planificar, establecer, implementar y mantener un programa de auditorías que incluyan los métodos, responsabilidades, requisitos de planificación e información, que deben considerar la importancia de los procesos en cuestión y los resultados de auditorías previas;	Cumplimiento	PS-SGEn-03, procesos y formatos correspondientes			
		b) Definir el criterio y el alcance para cada auditoría;	Cumplimiento	PS-SGEn-03			
		c) Seleccionar auditores y realizar auditorías para asegurar la objetividad y la imparcialidad del proceso de auditoría;	Cumplimiento	PS-SGEn-03, redirigido a PS-SGEn-03-R03			
		d) Asegurar que los resultados de las auditorías se informen a la dirección pertinente;	Cumplimiento	PS-SGEn-03			
		e) Tomar las acciones apropiadas de acuerdo con 10.1 y 10.2; y	Cumplimiento	PS-SGEn-03, redirigido a PS-SGEn-06	PS-SGEn-06 utiliza otro tamaño de letra con respecto al resto de documentos		
		f) Conservar la información documentada (véase 7.5) como evidencia de la implementación del programa de auditoría y los resultados de la misma.	Cumplimiento	PS-SGEn-03, procesos y formatos correspondientes			

9.3	Revisión por la dirección	9.3.1	La alta dirección debe revisar el SGen de la organización a intervalos planificados para asegurar su continua idoneidad, adecuación, eficacia y alineación con la dirección estratégica de la organización.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)				
		9.3.2	La revisión por la dirección debe considerar	a) El estado de las acciones de las revisiones previas por la dirección;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)			
				b) Cambios en las cuestiones internas y externas, los riesgos asociados y las oportunidades pertinentes para el SGen;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)			
				c) Información sobre el desempeño del SGen, incluyendo las tendencias en:	1) No conformidades y acciones correctivas;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
					2) Resultados del seguimiento y las mediciones;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
					3) Resultados de las auditorías; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
					4) Resultados de la evaluación del cumplimiento con los requisitos legales y otros requisitos.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
				d) Oportunidades para la mejora continua, incluyendo las referidas a la competencia; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)			
		e) La política energética	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)					
		9.3.3	Las entradas relativas al desempeño	a) El grado de cumplimiento de los objetivos y las metas energéticas;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)			

		energético para la revisión por la dirección deben incluir:	b) El desempeño energético y las mejoras del desempeño energético, con base en los resultados del seguimiento y las mediciones, incluyendo los IDEn; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			c) El estado de los planes de acción	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
	9.3.4	Las salidas de la revisión por la dirección deben incluir las decisiones que se relacionan con las oportunidades de mejora continua y cualquier necesidad de cambios al SGEn, incluyendo:	a) Las oportunidades para mejorar el desempeño energético;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			b) La política energética;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			c) Los IDEn o las LBEEn;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			d) Los objetivos, las metas energéticas, los planes de acción u otros elementos del SGEn, y las acciones a ser tomadas si no se alcanzan;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			e) Las oportunidades para mejorar la integración con los procesos del negocio;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			f) La asignación de recursos; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
			g) La mejora de la competencia, de la toma de conciencia y de la comunicación	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 9.3)		
		La organización debe conservar la información documentada como evidencia de los resultados de las revisiones por la dirección.	Cumplimiento	PS-SGEn-02-R02	PS-SGEn-02-R02 tienen tamaño distinto de letra con respecto a otros procedimientos		

NO.	REQUISITO	DESCRIPCIÓN		CUMPLIMIENTO	UBICACIÓN DENTRO DEL MANUAL O PROCEDIMIENTO	OBSERVACIONES	SUGERENCIA
10. MEJORA							
10.1	No conformidad y acción correctiva	Cuando se identifica una no conformidad la organización debe:	a) Reaccionar a dicha no conformidad y, según sea aplicable:	1) Tomar acciones para controlarla y corregirla; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	En MN-SGEn-01 (punto 10.1) el procedimiento PS-SGEn-08 se fue nombrado como "PD-..". Ambos documentos anexos utilizan un tamaño de letra distinto a otros procedimientos
				2) Ocuparse de las consecuencias.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
			b) Evaluar la necesidad de acciones para eliminar las causas de la no conformidad,	1) La revisión de la no conformidad;	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
			con el fin de que no vuelva	2) La determinación de las causas de la no conformidad; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	

		a ocurrir ni ocurra en otra parte, mediante:	3) La determinación de la existencia de no conformidades similares o que potencialmente pueden ocurrir.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
		c) Implementar cualquier acción que sea necesaria;		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
		d) Revisar la eficacia de cualquier acción correctiva tomada; y		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
		e) Realizar los cambios al SGEn, si fuera necesario.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
		Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
		La organización debe conservar la información documentada de:	a) La naturaleza de las no conformidades y las acciones subsiguientes si se hubieran tomado; y	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
			b) Los resultados de cualquier acción correctiva.	Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.1), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	
10.2	Mejora continua	La organización debe mejorar continuamente la idoneidad, adecuación y eficacia del SGEn. La organización debe demostrar la mejora continua del desempeño energético.		Cumplimiento	MN-SGEn-01 (punto 10.2), redirigiendo a PS-SGEn-08 y PS-SGEn-08-R01	

