



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Seguimiento y gestión de planes de mantenimiento eléctrico de los
proyectos de Conhydra**

Autor(es)

Sebastian Gómez Garcia

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica

Medellín, Colombia

2019



**Seguimiento y gestión de planes de mantenimiento eléctrico de los proyectos de
Conhydra**

Sebastian Gómez Garcia

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero Electricista.

Asesor

Walter Mauricio Villa
Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2019.

Seguimiento y gestión de planes de mantenimiento eléctrico de los proyectos de Conhydra

Contenido

1	Resumen	4
2	Introducción	4
3	Objetivos.....	5
3.1	Objetivo general.....	5
3.2	Objetivos específicos	5
4	Definiciones y abreviaturas.....	5
5	Marco Teórico	6
5.1	Bombas centrifugas	7
5.2	Bombas sumergibles	8
5.3	Potabilización del agua	9
5.4	Consumos eléctricos en plantas de tratamiento de agua	9
6	Metodología	10
7	Resultados y análisis	14
8	Conclusiones	23
9	Referencias Bibliográficas	24
10	Anexos	24

Tabla de ilustraciones

Ilustración 1 Bomba centrífuga	8
Ilustración 2 Bomba sumergible	9
Ilustración 3 Flujograma ante falla	11
Ilustración 4 Formato hoja de vida equipos	12
Ilustración 5 Formato hoja de vida equipos (descripción)	12
Ilustración 6 Formato hoja de vida equipos (registro fotográfico)	13
Ilustración 7 Generalidades proyecto solar.....	14
Ilustración 8 Cronogramas de mantenimiento	15
Ilustración 9 Stock de consumibles	16
Ilustración 10 Demanda vs generación	17
Ilustración 11 Diagrama funcional PTAR.....	18
Ilustración 12 Consumos ALP	19
Ilustración 13 Flujo de caja escenario 1.....	20
Ilustración 14 Flujo de caja escenario 2.....	21
Ilustración 15 Informe de calibración COA	22
Ilustración 16 Plataforma de monitoreo en línea COA.....	23

1 Resumen

En este documento se presenta el desarrollo de diversas situaciones que requieren de un análisis de ingeniería enfocado en la optimización de recursos energéticos para plantas de tratamiento de agua, tanto residual como potable y sus subsistemas.

Los análisis abarcan temas de mantenimiento, medición de parámetros, confiabilidad del servicio, e implementación de fuentes no convencionales de energía en pro de reducir costos operativos.

Durante los 6 meses del proyecto se desarrollaron informes de mantenimiento, visitas de reconocimiento con miras a identificar posibles fallas y mejoras, se trabajó sobre la confiabilidad del suministro eléctrico de los sistemas de medición de parámetros del agua, utilizados en las diferentes plantas de tratamiento de agua potable, y por último, se presentó un completo análisis de la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica y como sería su integración a los sistemas de tratamiento de agua, teniendo como piloto uno de los proyectos de CONHYDRA y con miras a que estos sistemas puedan ser utilizados en diversas plantas.

2 Introducción

En las pequeñas y grandes ciudades, los servicios públicos son parte fundamental del día a día, y requieren de importantes esfuerzos logísticos y según la cantidad de usuarios, y en el caso de los servicios de acueducto, grandes cantidades de energía. Equipos como motores y motobombas son indispensables en el proceso, por lo tanto, su mantenimiento y suministro eléctrico cobra gran importancia en estas plantas, pues son equipos que deben tener alta disponibilidad y en algunos casos por su elevado costo, no tienen respaldo inmediato.

Un plan de mantenimiento bien estructurado permite tener control sobre el estado de los equipos, previniendo fallas que tengan consecuencias económicas para la planta, o fallas en el suministro, lo cual debe evitarse al máximo.

Por otro lado, teniendo en cuenta que el uso de bombas de 25, 50 y hasta 100 HP es típico en este tipo de plantas, y su uso varía entre 6 y 24 horas diarias, Las facturas de energía eléctrica son un factor importante a la hora de calcular los costos operativos de una planta de tratamiento de aguas. Por esta razón surge la necesidad de pensar en fuentes alternativas que suministren esta energía y que presenten algunas ventajas frente a la energía convencional tomada de la red. Considerando el auge que tienen por estos días las fuentes no convencionales de energía renovable FNCR, en especial la energía solar fotovoltaica, CONHYDRA considero la implementación de una granja solar para uno de sus proyectos ubicado en Bogotá, para lo que fue necesario la evaluación de la viabilidad, y la integración que tendría esta planta fotovoltaica con la planta de tratamiento de aguas y su curva de demanda.

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

- Evaluar los actuales planes de mantenimiento e históricos de falla de los diferentes proyectos de CONHYDRA, identificando en cuál de ellos se hace necesario proponer mejoras o ajustes, integrando criterios técnicos y de eficiencia energética, con el fin de optimizar el aprovechamiento de los equipos eléctricos y electrónicos utilizados en los procesos.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar documentos según la necesidad, que contengan planos, diagramas unifilares, manuales de operación y/o cálculos de consumo, de los procesos y equipos de los proyectos seleccionados.
- Preparar capacitaciones, prototipos o instructivos de corrección básicos, que puedan ser ejecutados por los operarios rápida y efectivamente, reduciendo la necesidad de visitas por parte del personal técnico.
- Programar actividades de verificación de la calibración de equipos electrónicos de medida utilizados en las diferentes plantas de tratamiento de aguas de los proyectos seleccionados.

4 Definiciones y abreviaturas

- **Metrología:** Ciencia que estudia los sistemas de medida. Estudio de las propiedades medibles, escalas medidas, sistemas de unidades, métodos y técnicas de medición, la valoración de la calidad de las mediciones con fines científicos, tecnológicos y/o sociales.
- **Turbidímetro:** Instrumento usado para la medida de la intensidad de la luz dispersada cuando un haz pasa a través de una muestra de agua. El equipo dispuesto por el COA para tal fin es el turbidímetro Signet 4150.
- **pH-metro:** Instrumento medidor de pH, el cual indica el grado de acidez o alcalinidad.
- **Ajuste:** Conjunto de operaciones realizadas sobre un sistema de medición para que proporcione indicaciones prescritas, correspondientes a valores dados de la magnitud a medir. Operaciones destinadas a llevar un instrumento de medida a un estado de funcionamiento conveniente para su utilización.
- **Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de las magnitudes que indique un instrumento de medición o un sistema de medición o valores representados por una medida materializada o por un material de referencia y los valores

correspondientes determinados por medio de los patrones. La calibración se refiere a la comparación entre un instrumento y el patrón requerido.

- **Exactitud:** Ajuste completo o fidelidad de un dato, calculo, medida, expresión.
- **Patrón primario o referencia:** Químico o reactivo que contiene una sustancia con una concentración conocida y que cumple con las siguientes propiedades: alta estabilidad, debe ser universal.
- **Buffer:** sustancia patrón que sirve para calibrar o controlar medidas materializadas, instrumentos o materiales de referencia.
- **Rango:** Intervalo entre el valor máximo y el valor mínimo, que permite tener una idea de la dispersión de los datos medidos.
- **Precisión:** ajuste completo o fidelidad de un dato, calculo, medida, expresión, etc.
- **Protocolo de comunicación:** instrucciones, normativas o reglas que permiten guiar una acción o que establecen ciertas bases para el desarrollo de un procedimiento.
- **Energía solar fotovoltaica:** Energía que produce electricidad a partir de la radiación solar por medio de un elemento semiconductor.
- **Radiación:** emisión de energía o de partículas que producen algunos cuerpos y que se propaga a través del espacio.
- **Plan de mantenimiento:** Conjunto de tareas programadas que buscan preservar el buen estado y funcionamiento de los activos de un proceso y/o compañía.

5 Marco Teórico

El proceso de tratamiento de aguas, ya sea potabilización o tratamiento de aguas residuales, requiere de equipos eléctricos como bombas centrifugas y sumergibles, que cumplen funciones de dosificación de sustancias químicas necesarias en el proceso de limpieza del agua, bombeo desde las fuentes de captación de agua cruda, bombeo del agua tratada hacia los centros de consumo en el caso de las plantas de agua potable (PTAP), o bombeo de las aguas residuales desde los pozos o tanques de tratamiento de la planta hacia las diferentes etapas del proceso en el caso de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Así mismo, en el caso de las PTAP, con el fin de garantizar niveles de calidad en el agua que cumplan con estándares internacionales de potabilización de agua, se utilizan equipos electrónicos y sensores que monitorean diferentes parámetros como la turbidez del agua, el PH, nivel en los tanques, cloro presente en el agua, salinidad, presión, temperatura, oxígeno disuelto, y caudales a la salida para facturación. Todo lo anterior según la necesidad de la planta.

5.1 Bombas centrifugas:

la función de este tipo de bombas es convertir la energía eléctrica en energía mecánica, con la cual por o turbina desplazamiento gracias a la impulsor, puede tubería de fluido sale con presión y caudal diseño de la muestra un centrifuga.



medio de un impulsor generan el de algún fluido, que carcasa que recubre el ser dirigido hacia una descarga en la cual el una determinada que depende del bomba [1]. La figura 1 ejemplo de bomba

Ilustración 1

diseño,
tener
con una
y con



Bomba centrífuga

Dependiendo de su las bombas centrífugas pueden succión positiva o negativa, descargar cabeza determinada presiones determinadas [1].

5.2 Bombas

Las
son

que se usan generalmente en pozos de aguas residuales, para bombear los lodos hacia los diferentes tanques del proceso de tratamiento, o en algunos casos hacia carro tanques especiales que se encargan de su transporte. Lo especial de estas bombas es su completa inmersión en el fluido a bombear, por lo que su sistema de refrigeración es diferente al de una bomba convencional, utilizando el fluido bombeado para enfriar la carcasa del motor eléctrico [2]. En los demás aspectos cuentan con características similares, con diferentes potencias, monofásicas, trifásicas, etc. La figura 2 muestra un ejemplo de bomba sumergible.

sumergibles:

bombas sumergibles
bombas especiales

Ilustración 2 Bomba sumergible

5.3 Potabilización del agua:

El proceso de potabilización del agua requiere de un riguroso control de diversos parámetros con el fin de garantizar una alta calidad en el producto final que no ponga en riesgo la salud pública. En CONHYDRA S.A se viene desarrollando un sistema que integra las mediciones de diferentes tipos de sensores como turbidímetro, medidores de PH, medidores de nivel, entre otros, garantizando que por medio de muestras se pueda controlar la calidad de la potabilización de grandes cantidades de agua. Este sistema llamado "COA" (Centro de Operaciones del Agua) proporciona toda la información requerida a los operarios de las plantas de tratamiento de agua potable para que el agua cumpla con los estándares de calidad que exige la ley, además de permitir el monitoreo de estos parámetros en línea, desde un centro de control.

5.4 Consumos eléctricos en plantas de tratamiento de agua:

Los equipos y bombas requeridos en las plantas de tratamiento de agua, requieren de potencias significativas y por lo tanto tienen altos consumos de energía eléctrica. Considerando que las diferentes plantas requieren de varias etapas, las cuales hacen uso de bombas con potencias nominales desde ½ HP hasta 150 HP, con ciclos de trabajo entre 6 y 24 horas diarias, el consumo de energía eléctrica se vuelve considerable, y esto se traduce en altos costos de operación.

Uno de los proyectos de CONHYDRA le apuesta al uso de fuentes no convencionales de energía renovable, FN CER, con la instalación de una planta de energía fotovoltaica de 520.96 kwp, instalada en el proyecto "Aguas de la Prosperidad, ALP" ubicado en el municipio de Madrid Cundinamarca, que alimentará las plantas de agua potable, residual y estaciones de bombeo.

Se le solicita al área de control y mantenimiento de Conhydra, presentar un análisis del proyecto solar, en donde se explicara en que consiste, que alcance tiene, y además, un análisis económico en donde se hiciera una proyección de consumos de agua potable y su correspondiente consumo eléctrico comparado con la generación de la planta solar.

6 Metodología

6.1. Se realizaron visitas de reconocimiento a las diferentes plantas de la empresa con características más relevantes con respecto a los procesos de mantenimiento planeados, con el fin de comprender y reconocer las necesidades energéticas, propias de una planta de tratamiento de aguas. Además, se tuvo un constante apoyo en bases de datos y ayuda de los asesores, en la obtención de información útil, a fin de cumplir los objetivos de la práctica académica.

6.2. Fueron complementados documentos con información sobre los requerimientos eléctricos mínimos necesarios para la instalación del COA, así como procesos de mantenimiento básico y revisión de calibración de los diferentes sensores que integran este sistema.

6.3. Se programaron actividades de capacitación y familiarización con equipos eléctricos, así como instructivos de corrección de fallas leves, dirigidas a los operarios de las plantas y piscinas a cargo de CONHYDRA, con el fin de reducir actividades de mantenimiento que puedan generarse por mala operación de estos equipos. Dichas capacitaciones se realizaban de manera periódica en los diferentes proyectos, dirigidas a los operarios de las plantas, a los cuales se les brindaban los conocimientos básicos referentes a equipos electromecánicos, haciendo énfasis en riesgo eléctrico, y procedimientos de verificación de funcionamiento de los diferentes equipos.

Una de las metodologías empleadas para este fin, fue la realización y socialización de un flujograma de decisión el cual se muestra en la figura 3, con el cual los operarios, podían focalizar la falla y según la gravedad de esta, reestablecer el servicio o escalar el caso al área de control y mantenimiento.

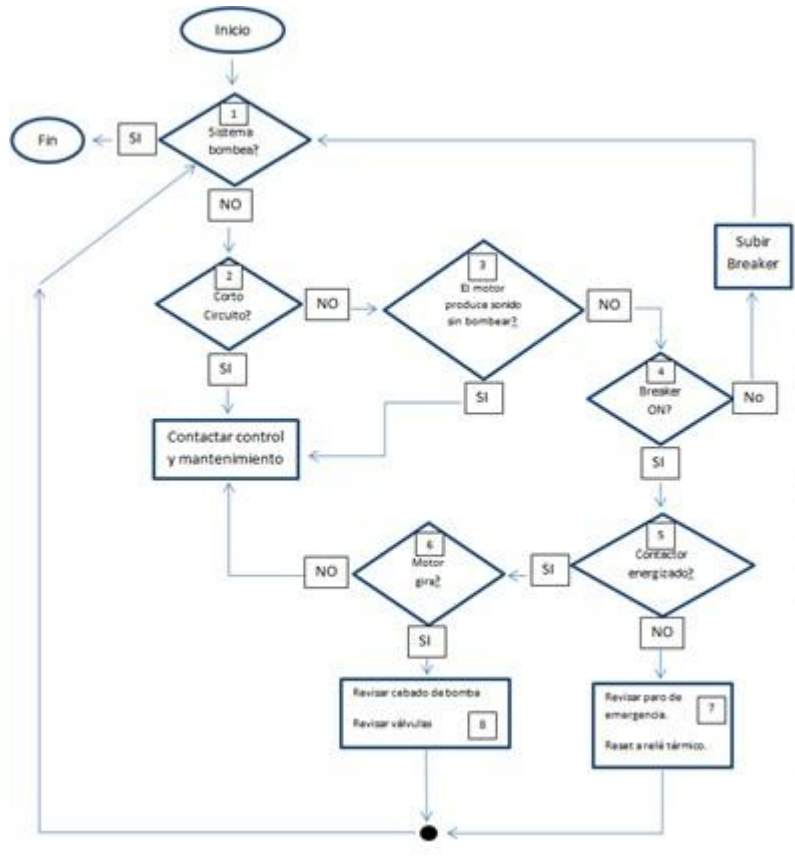


Ilustración 3 Flujograma ante falla

6.4. Se hizo constante seguimiento a las intervenciones de mantenimiento realizadas por los técnicos, con el fin de realizar informes que permitan llevar un control de las actividades y correctivos que requieren los equipos para garantizar su correcto funcionamiento, además de identificar, cuales son las piezas que requieren de un constante reemplazo por desgaste para generar un stock con esas piezas que permita agilizar los mantenimientos.

Estas actividades se soportaron con fotos de cada intervención realizada, las cuales eran incluidas en los informes, los cuales se ilustran en las figuras 4, 5 y 6.

		INFORME DE DIAGNÓSTICO Y/O MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS	
LUGAR	centro educativo Comfenalco palace		
FECHA	01/03/2019		
REALIZADO POR	Eder Montoya – Auxiliar control y mantenimiento.		
DESCRIPCIÓN GENERAL			
DISPOSITIVO INSPECCIONADO	UBICACIÓN	FUNCIONES A REALIZAR	
Bomba Hidroflo		Bombear agua potable del edificio.	
FOTOGRAFÍA DISPOSITIVO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		
	Marca	Pedrollo	
	Referencia	CP 210A	
	Voltaje	220/440 VAC 3	
	Frecuencia	60 Hz	
	Amperaje	16/11 A	
	Potencia	5.5 HP	
	IP	X4	
	F.P (Cosφ)	No determinado	
	Factor de servicio	S1	
	Velocidad de Giro	3450 rpm	
Otros			

Ilustración 4 Formato hoja de vida equipos

RESUMEN INSPECCIÓN	
DESCRIPCIÓN	Se realiza mantenimiento preventivo en la motobomba para garantizar su correcto funcionamiento.
ACCIONES TOMADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la revisión se detectó que el sistema de liberación de vacío no estaba trabajando correctamente. Se verificó el problema, encontrando que la manguera de presión tenía una fisura provocada por la abrazadera y obstrucciones en su interior. • Se corrige la fisura de la manguera y obstrucciones de la manguera, dejando en correcto funcionamiento el sistema de liberación de vacío. • Se realizan medidas y pruebas eléctricas al motor, las cuales arrojaron valores dentro de los parámetros normales. Voltaje: 207.6 v Corriente: 7.97 A Impedancia del bobinado: 2.64 GΩ. • Por último se realizan pruebas de funcionamiento, dejando el equipo en operación. • Se adjunta fotos del sistema de liberación de vacío con y sin error de funcionamiento.
RECOMENDACIONES / OBSERVACIONES	Debe ser reemplazado el empaque de la trampa de cabello para evitar fugas.

Ilustración 5 Formato hoja de vida equipos (descripción)



Ilustración 6 Formato hoja de vida equipos (registro fotográfico)

6.5. Se realizó la revisión de documentación y memorias del proyecto solar en Aguas de La Prosperidad ALP en Madrid Cundinamarca. Dicha revisión se basó en la documentación aportada por la empresa Smart Solar, constructora de la planta solar.

6.6. Se verificaron los cálculos reportados en las memorias, verificando con las fichas técnicas de los equipos, el cumplimiento de los niveles de potencia reportados. Toda esta información fue sintetizada en una exposición presentada a la gerencia y directores de la empresa, quienes tenían interés en conocer la dimensión y beneficios técnicos del proyecto. La figura 7 muestra algunas generalidades del proyecto solar analizado.

GENERALIDADES			
Inversión Total SIN IVA \$1.796.608.054*			
Inflación Anual Estimada:	6%	Precio Energía Actual Cliente:	\$470
Degradación producción anual energía	0.8%	Tamaño del Sistema (kWp):	520.96
Operación y Mto Anual con IVA	\$21.379.636	Producción Anual (kWh/año):	710.672
(*) El precio no incluye lo NO INCLUIDO en la sección Alcance de la Propuesta.			

Ilustración 7 Generalidades proyecto solar

6.7. Se realizaron actividades de calibración de los diferentes sensores del Centro de Operaciones del Agua COA, documentando los procedimientos y cuidados necesarios, además de dejar registro a modo de informe de dichas calibraciones.

7 Resultados y análisis

7.1. Se pudo identificar en las diferentes visitas a las plantas, aspectos a mejorar en cuanto al manejo de los mantenimientos, pues en la mayoría de los casos no había un sistema establecido de manejo de las intervenciones, que permitiera realizar análisis respecto a los mantenimientos.

7.2. Se definieron cronogramas de mantenimiento (Imagen 8) para los equipos electromecánicos, teniendo en cuenta su criticidad en el proceso, la cual se definía según la frecuencia de fallas de sus elementos, datos que eran registrados en los informes. Además, se llevó un control constante del estado de los equipos, por medio de los reportes de los operarios de las diferentes plantas y siempre validando por medio de retroalimentaciones y pruebas tipo examen, la claridad en los conceptos dados en las capacitaciones.

Gracias a estas capacitaciones se pudo establecer un sistema de reporte y verificación de fallas, por medio del flujograma de verificación, logrando reducir la cantidad de reportes por falta de funcionamiento, en los casos en los que el problema constaba en reiniciar un relé térmico, guarda motor o breaker, siempre teniendo en cuenta las normas básicas para evitar riesgo eléctrico. Dichas capacitaciones eran dirigidas a operarios de las plantas, quienes no tenían conocimiento de temas eléctricos, y en la mayoría de los casos, solo contaban con formación académica de nivel bachiller. Por lo tanto, los contenidos debían ser claros y con conceptos básicos, como definiciones y ejemplos, componentes de un sistema de energización de una bomba y sus funciones.

CONVENIO		Programado	● Cumplido	● Fallado	● Pendiente	PERIODO											
SEMANA	MESES	MANTENIMIENTO PROGRAMADO	FRECUENCIA (MANTENIMIENTO)	UNO DE	DIAS	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
1		Agitadores															
		Inspección Visual / Audible	15 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar temperatura del motor	15 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar fugas de aceite en el Reductor	15 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Limpieza General	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Lubricar rodamientos del motor	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar funcionamiento del sistema	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar funcionamiento continuo	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar estado lubricación	60 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Cambio de aceite del motor reductor	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar estado carcasa del motor	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar aislamiento sistema del motor	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar condiciones conductores de alimentación	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Cambio rodamientos motor	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2		Motor compresor															
		Inspección Visual / Audible	7 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar temperatura del motor	7 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Limpieza General	15 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Lubricar rodamientos	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar funcionamiento del sistema	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Verificar funcionamiento continuo	30 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar potencia de transmisión de potencia motor-compresor	60 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar estado cuerpo del motor y la bomba	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Revisar aislamiento bobina	90 días	●		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Ilustración 8 Cronogramas de mantenimiento

Con ayuda de estos informes, se hizo un seguimiento de las piezas más susceptibles de cambio, con el fin de mantener un stock que permita agilizar las intervenciones, ya que muchos de estos equipos son de funcionamiento continuo y necesario en sus procesos y en la mayoría de los casos no tiene respaldo. Se encontró que las piezas más susceptibles de cambio son los rodamientos y sellos mecánicos.



Ilustración 9 Stock de consumibles

7.3. El diseño fotovoltaico realizado por la empresa Smart Solar, contemplaba un análisis básico del comportamiento de la carga, teniendo como base un día de operación a plena carga. Debido a que el proyecto (ALP) se está construyendo por etapas, se elaboró un documento de cálculo de la demanda eléctrica de la planta, con el fin de verificar si en algún momento la energía fotovoltaica generada, podría ser superior a la demanda de energía de las plantas. Para realizar esta verificación se proyectó la demanda de agua potable y producción de agua residual según la entrega y ocupación de los diferentes apartamentos, lo cual se ilustra en la figura 10.

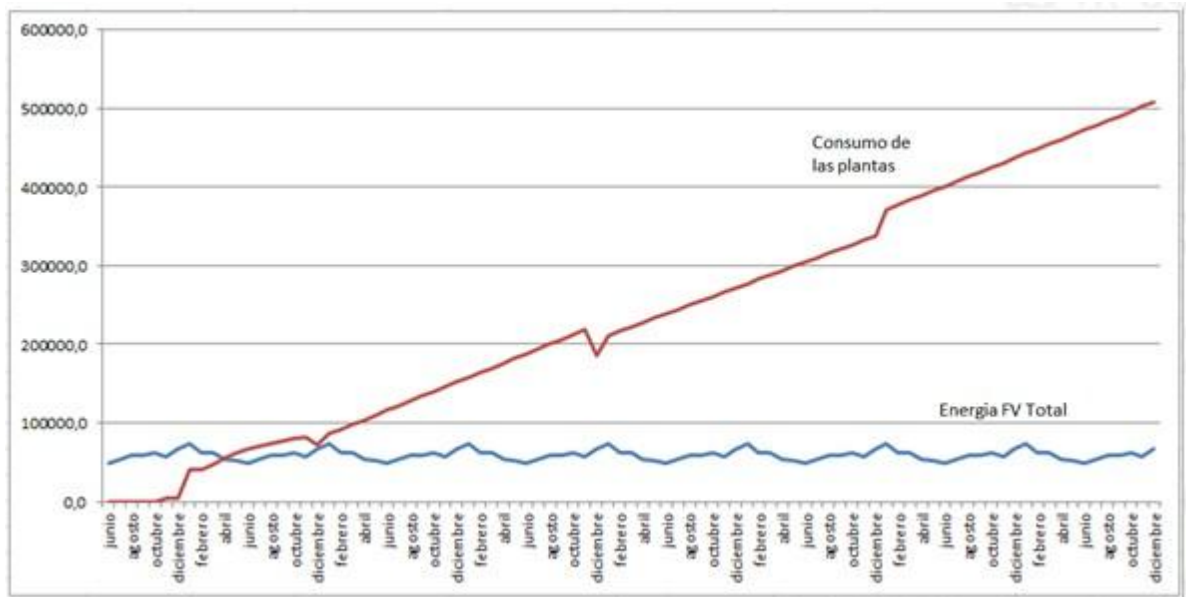


Ilustración 10 Demanda vs generación

Para lograr estos resultados, fue necesario construir la curva de demanda de energía de las plantas, apoyado en la documentación de los constructores, y la potencia de cada uno de los equipos. Se definió para periodos de 24 horas, como sería el consumo de energía eléctrica de las plantas una vez estuvieran construidas en su totalidad. Este proceso contempló capacitaciones de potabilización de agua y tratamiento de aguas residuales, con el fin de comprender la forma de trabajo de estas plantas, y así poder definir con mayor claridad su comportamiento de consumo diario.

La Imagen 10. muestra el comportamiento del consumo eléctrico de las plantas (curva roja). Esta se comporta según la entrega de apartamentos de las unidades residenciales que forman parte del proyecto en general. Se realizó una proyección de entrega de viviendas, que se comporta según las entregas pasadas y se extiende hasta el año 2025, fecha en la cual se espera haber entregado las 21.500 viviendas.

La curva azul corresponde a la energía entregada por los paneles mes a mes. Esta curva resulta de las simulaciones realizadas en el software PvSol, alimentado de la cantidad y referencia de los paneles, las coordenadas del proyecto y datos meteorológicos de esta zona.

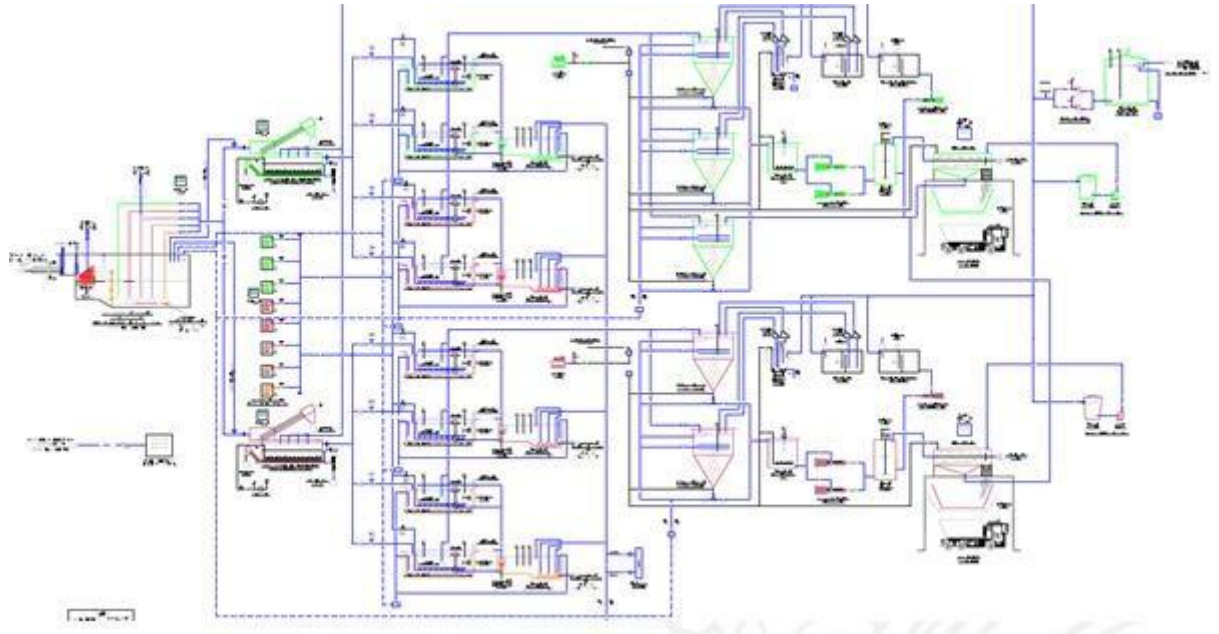


Ilustración 11 Diagrama funcional PTAR

En la Imagen 11. se muestra el diagrama de proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales, el cual, con ayuda de capacitaciones y el apoyo de profesionales en el área de ingeniería sanitaria, fue útil en la caracterización de tiempos y ciclos de trabajo de los equipos electromecánicos.

Los datos de potencia de los equipos fueron obtenidos de las placas de los mismos. Considerando que son equipos nuevos, se asumió su potencia nominal para efecto de los cálculos, los cuales tuvieron como base un precio del kWh de \$473.69, precio que ofrece para la fecha de los cálculos el operador de red en la zona.

	PTAP	PTAR	BOMBEO	EBALL	Presurización	TOTAL
Energía real día [kWh/día]	946	8443	7859	298	1432	18979
Costo real día [\$/día]	\$ 448.133	\$ 3.999.331	\$ 3.722.787	\$ 141.349	\$ 678.423	\$ 8.990.024
Energía SS día [kWh/día]	2344	9887	6865	0	-	19096
Costo SS día [\$/día]	\$ 1.110.140	\$ 4.683.444	\$ 3.251.763	\$ -	\$ -	\$ 9.045.347
Diferencia día [\$]	\$ 662.007	\$ 684.113	\$ (471.023)	\$ -	\$ -	\$ 875.096
Energía real mes [kWh/mes]	28381	253288	235774	8952	42966	569361
Costo real mes [\$/mes]	\$ 13.443.995	\$ 119.979.940	\$ 111.683.599	\$ 4.240.473	\$ 20.352.703	\$ 269.700.710
Energía SS mes [kWh/mes]	70308	296615	205943	0	-	572865
Costo SS mes [\$/mes]	\$ 33.304.197	\$ 140.503.323	\$ 97.552.903	\$ -	\$ -	\$ 271.360.422
Diferencia mes [\$]	19860201	20523383	-14130696	\$ -	\$ -	26252888
Energía real año [kWh/año]	340577	3039455	2829283	107424	515596	6832334
Costo real año [\$/año]	\$ 161.327.943	\$ 1.439.759.276	\$ 1.340.203.188	\$ 50.885.675	\$ 244.232.439	\$ 3.236.408.521
Energía SS año [kWh/año]	855414	3608810	2505634	0	-	6969858
Costo SS año [\$/año]	\$ 405.201.058	\$ 1.709.457.090	\$ 1.186.893.651	\$ -	\$ -	\$ 3.301.551.799
Diferencia año [\$]	\$ 243.873.115	\$ 269.697.814	\$ (153.309.537)	\$ -	\$ -	\$ 360.261.392
Producción paneles solares [kWh/año]						710672
Ahorro solar [\$/año]						\$ 336.638.220
Costo del proyecto						\$ 1.769.608.054

Ilustración 12 Consumos ALP

Habiendo analizado técnicamente el proyecto, se avanzó en el análisis de la viabilidad económica, teniendo en cuenta la oferta económica de Smart Solar, los costos no incluidos en esta oferta como lo son obras civiles, certificaciones RETIE, apantallamiento del sistema, entre otros; así como los incentivos tributarios a los que hace referencia la ley 1715 de 2014, [3], [4].

La ley 1715 de 2014 plantea los siguientes incentivos:

- Exención de aranceles de importación para equipos destinados a construcción o investigación de fuentes no convencionales de energía renovable FNCER [3], [4].
- Exención del pago IVA para equipos, maquinaria y servicios, destinados al desarrollo de FNCER [3], [4].
- Dedución especial en la determinación del impuesto sobre la renta, la cual permite deducir hasta el 50% de la inversión en el impuesto de renta [3], [4].
- Depreciación acelerada de los activos, la cual permite depreciar los equipos hasta un 20% anual en el momento de declarar el impuesto sobre la renta [3], [4].

En este análisis se encontró que, por tratarse de un proyecto nuevo, en el cual se hace uso de créditos para la inversión, no se perciben utilidades en los primeros años, por lo que algunos de los incentivos, como la depreciación acelerada y la deducción especial de renta, se pierden. Los escenarios considerados teniendo en cuenta lo anterior son los siguientes:

Conceptos/años	0	1	2	3	4	5
Inversiones	1,796,608,054					
Ingresos		334,015,840	345,203,371	364,088,104	384,003,724	405,008,727
Costos y gastos		-	21,379,636	22,448,618	23,571,049	24,749,601
EBITDA		334,015,840	323,823,735	341,639,486	360,432,675	380,259,126
Margen EBITDA		100%	94%	94%	94%	94%
Depreciaciones		359,321,611	359,321,611	359,321,611	359,321,611	359,321,611
Utilidad Operativa		- 25,305,771	- 35,497,876	- 17,682,125	1,111,064	20,937,515
Impuestos		305,423,369	-	-	-	-
Impuestos (depreciación)		109,952,413	109,952,413	109,952,413	109,952,413	109,952,413
Utilidad neta		390,070,011	74,454,537	92,270,288	111,063,477	130,889,928
Flujo caja del proyecto	- 1,796,608,054	749,391,622	433,776,148	451,591,899	470,385,088	490,211,539
Cuota del Leasing		- 167,683,232	683,716,873	683,716,873	701,682,953	
Flujo de caja apalancado	-	581,708,390	- 249,940,725	- 232,124,974	- 231,297,865	490,211,539

Ilustración 13 Flujo de caja escenario 1

Para que el proyecto pueda tomar los incentivos de deducción de renta y depreciación acelerada de la ley 1715, deberá generar utilidades por 2000 Millones de pesos en el primer año, lo cual, como se explicó anteriormente, no se cumple.

Conceptos/años	0	1	2	3	4	5	
Inversiones	1,923,857,290						
Ingresos			248,735,200	255,381,405	262,188,143	269,158,510	
Costos y gastos			24,379,636	25,127,923	25,902,401	26,703,985	
EBITDA			-	224,355,564	230,253,481	236,285,742	242,454,526
Margen EBITDA			0%	90%	90%	90%	90%
Depreciaciones			76,954,292	76,954,292	76,954,292	76,954,292	
Utilidad Operativa			-	147,401,272	153,299,190	159,331,451	165,500,234
Impuestos			-	-	-	-	-
Utilidad neta			-	147,401,272	153,299,190	159,331,451	165,500,234
Flujo caja del proyecto	- 1,923,857,290		-	224,355,564	230,253,481	236,285,742	242,454,526
Cuota del Leasing		- 167,683,232	683,716,873	683,716,873	701,682,953		
Flujo de caja apalancado	- -	- 167,683,232	- 459,361,309	- 453,463,392	- 465,397,211	242,454,526	

Evaluar el proyecto	
TIR	10.37%
VPN	- 245,320,320.45
Tasa de descuento	12.00%

Ilustración 14 Flujo de caja escenario 2

El flujo de caja del proyecto permite calcular el tiempo de retorno de la inversión, para así determinar la viabilidad económica del proyecto.

La evaluación del proyecto se realizó con base en el precio del kWh para usuarios regulados de la zona para el escenario 1 y un costo aproximado de \$350/kWh para el escenario 2, que sería un precio conservador del kWh en el mercado no regulado. Considerando el alto consumo de energía de las plantas, se consideró viable realizar la cotización del precio de kWh en el mercado no regulado de energía, para lo cual se realizó una breve explicación sobre mercado no regulado de energía y se seleccionó una lista de agentes generadores con los cuales cotizar un mejor precio del kWh.

Aunque los datos técnicos del proyecto solar de Aguas de La Prosperidad ALP eran atractivos, el análisis económico del proyecto resulto desfavorable debido a la falta de utilidades que tiene el proyecto en los primeros años, con lo que se perdían dos de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014, que son la reducción de renta del 50% y la depreciación acelerada de los activos. Con esto no se logró tener un flujo de caja financieramente atractivo, pues en los diferentes escenarios planteados se obtuvo una VPN negativa y una TIR inferior a la tasa de oportunidad.

A pesar de que el proyecto solar se pospone para un escenario en el cual se tengan utilidades, se avanza en los trámites necesarios para la compra de energía en el mercado no regulado de energía. Dichos trámites se salen del alcance de la práctica académica por cuestiones contractuales y de tiempo.

7.4. Las actividades de calibración de los sensores de parámetros del agua de Centro de Operaciones de Agua COA, permiten, además de tener un control sobre los consumibles del equipo, tener un monitoreo constante y real de los parámetros del agua de las diferentes plantas, con reporte por medio de alarmas, las anomalías en el tratamiento para evitar suministrar agua de mala calidad a las poblaciones. El registro de estas actividades, se maneja por medio del formato de informes de las intervenciones electromecánicas.

DISPOSITIVO INSPECCIONADO	UBICACIÓN	FUNCIONES A REALIZAR	
Medidor Cloro y PH		Medición y reporte de niveles de cloro y <u>ph</u> del agua potable.	
FOTOGRAFÍA DISPOSITIVO		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
		<i>Marca</i>	
		<i>Referencia</i>	DG7
		<i>Voltaje</i>	220v
		<i>Out put</i>	DC 24v + RS 485
		<i>Amperaje</i>	<10mA
		<i>Potencia</i>	NA
		<i>IP</i>	No determinado
		<i>F.P (Cosφ)</i>	NA
		<i>Factor de servicio</i>	NA
		<i>Velocidad de Giro</i>	NA
<i>Otros</i>			
RESUMEN INSPECCIÓN			
<i>DESCRIPCIÓN</i>	Diagnóstico y calibración del medidor de Cl y PH.		

Ilustración 15 Informe de calibración COA

Las visitas de calibración son fundamentales para mantener la operatividad del sistema de reporte de alarmas en línea, el cual permitía tomar acciones de manera remota para garantizar la calidad del agua.



Ilustración 16 Plataforma de monitoreo en línea COA

8 Conclusiones

- Un buen seguimiento a los planes de mantenimiento, acompañado de una constante transferencia de conocimientos a los operarios de los equipos, permite tener un control sobre el estado de los equipos, y genera mayor eficiencia en las intervenciones de mantenimiento, y así mismo permite un ahorro económico al tener conductos regulares en el momento de una falla, evitando visitas de personal técnico a las plantas cuando se trata de fallas menores.
- Cuando se incursiona en proyectos de generación de energía eléctrica basados en FNCE, tiene gran peso, además de los análisis técnicos, el conocimiento financiero del proyecto, lo cual contempla el conocimiento de las utilidades del propietario, a fin de conocer los verdaderos beneficios tributarios derivados de los incentivos de la ley 1715 de 2014.
- El monitoreo remoto de sistemas de potabilización de agua, y en general de cualquier sistema, presenta grandes ventajas, principalmente económicas, pues permite tener un control de parámetros de diferentes plantas o sedes, desde un punto centralizado de monitoreo. Sin embargo, es importante que este monitoreo este acompañado de otras acciones, como seguimientos y visitas periódicas, así como transferencia de conocimiento a los operarios y un contacto constante con ellos con el fin de garantizar el buen funcionamiento de los sistemas, eliminando la dependencia del monitoreo remoto en la detección de fallos o irregularidades.

9 Referencias Bibliográficas

- [1] <http://www.savinobarbera.com/espanol/teoria.html>
- [2] https://www.nationalpumpcompany.com/wp-content/uploads/2016/12/STP-IOM710_ES_revNRPf1.pdf
- [3] <http://www1.upme.gov.co/Paginas/incentivos-FNCE.aspx>
- [4] <https://www.ccenergia.org.co/guia-practica-para-la-aplicacion-de-los-incentivos-tributarios-de-la-ley-1715-de-2014/>

10 Anexos

- [Flujograma Comfenalco](#)
- [paso a paso flujograma](#)
- [Formato Cronograma equipos electromecánicos](#)
- [FORMATO HOJA DE VIDA EQUIPOS ELECTROMECHANICOS](#)
- [Formato Informe de mantenimiento e-co blanco](#)
- [Plantilla ALP paneles solares v03](#)
- [Propuesta AGUAS PROSPERIDAD 10-01](#)
- [Verificación de costos ALP-Control y Mantenimiento](#)
- [Capacitación Conceptos básicos de funcionamiento de una bomba](#)
- [Capacitación elementos eléctricos](#)

OBSERVACIONES

Para las gráficas

- Tener escalas que permitan observar correctamente la información.
- Numerar las gráficas y nombrarlas en el texto antes de ubicarlas.
- Mostrar el número de la gráfica y un título informativo en la parte inferior de la misma.
- Hacer títulos de cada gráfica (ejes, figura).

Para las tablas

Hacer tablas sencillas, con el mínimo número de columnas posible.

- Hacer tablas entendibles y con datos estrictamente necesarios.
- Mostrar las unidades de medida para la comprensión del texto.
- Numerar las tablas y nombrarlas en el texto antes de ubicarlas.
- Mostrar el número de la tabla y un título informativo en la parte superior de la misma.

Referencias Bibliográficas

Revistas

Autor del artículo (primero los apellidos, luego los nombres. Si hay hasta tres autores se citan los tres, si hay más de tres se escriben los apellidos y el nombre del primero y luego se pone la expresión latina abreviada et al. que corresponde a y otros). Título del artículo. En: Título de la publicación: subtítulo de la publicación. Número del volumen, número de la entrega (mes, año); paginación. ISSN.

Libros

Autor. Título: subtítulo. Edición. Ciudad: editor, año de publicación. Paginación + material acompañante. Serie, número. ISBN.

Conferencias, Congresos, Seminarios o similares

Nombre de la conferencia, congreso o seminario en mayúscula sostenida. Número arábigo correspondiente a la conferencia: año de realización: ciudad donde se realizó. Título que generalmente se identifica con memorias o actas, seguido del número romano correspondiente y el nombre del seminario.

Cibergrafía

Para boletines informativos electrónicos, grupos de discusión y otros sistemas de mensajes electrónicos

Título. Tipo de medio electrónico o soporte físico. Lugar de publicación. Editor. Fecha de publicación. Fecha de la cita. Notas (opcional). Disponibilidad y acceso. Anexos (opcional).