

Análisis e implementación del sistema de gestión de la energía eléctrica para el proceso de tratamiento de agua, en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga

Yamid Fernando Gualteros Peralta

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista

Director

Gabriel Ordóñez Plata

Doctor en Ingeniería Industrial

Codirector

Jairo Fabian Jaimes Rojas

Magister en Potencia Eléctrica

Codirector

Daniel Saravia Quiroga

Especialista en Telecomunicaciones

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones

Bucaramanga

2020

Agradecimientos

A Dios que con su bendición me dio la sabiduría para sacar adelante este gran logro.

A mis padres Pedro de Jesús Gualteros y Olga Lucia Peralta, que con su apoyo y respaldo siempre me dieron las fuerzas y la motivación para no desfallecer en los obstáculos que se me presentaron a lo largo de este gran proceso.

A mi hermana Deicy Viviana Gualteros Peralta, que me apoyo siempre y me brindo su ayuda cuando más la necesitaba.

A mi Familia que con sus veces de aliento siempre me impulsaron a seguir adelante.

A mis compañeros y amigo con los que compartí grandes anécdotas tanto académicas como de esparcimiento además de buenas experiencias y alegrías en momentos únicos e irrepetibles.

A la Universidad industrial de Santander, con su excelencia en formación de grandes profesionales y oportunidades para ser una persona con mejores capacidades y conocimientos.

Yamid Fernando Gualteros Peralta

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	10
1.Objetivos	11
1.1.Objetivo General	11
1.2 Objetivos Específicos.....	11
2.Marco Referencial	12
2.1.Generalidades	12
2.2.Definición de un sistema de gestión de la Energía.....	12
3.Actividades realizadas en la práctica.	15
3.1.Descripción General.	15
3.2.Descripción general de la Organización.....	16
3.3.Alta dirección y Liderazgo.....	17
3.3.1. Política Energética	17
3.3.2. Alta Gerencia	18
3.3.3. Equipo De SGE.....	18
3.4. Planificación del SGE.....	18
3.4.1. Revisión Energética	18
3.5.Caracterización Energética.....	21
3.5.1. Definición De Variables Significativas	23

3.5.2. Línea Base	26
3.5.3. Otras variables para tener en cuenta	29
3.6. Implementación y operación.....	31
3.6.1. Objetivos y metas	31
3.6.2. Plan de Acción	33
3.6.3. Competencias del personal y capacitación	34
3.6.4. Comunicación	34
4. Conclusiones	35
5. Recomendaciones.....	37
Referencias Bibliográficas	38
Apéndices	39

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Inventario de cargas Planta La Flora amb - Equipos agrupados por proceso	21
Tabla 2 Parámetros fisicoquímicos	24
Tabla 3 Niveles numéricos para cada variable	24
Tabla 4 Criterios de R2	27
Tabla 5 Perfiles, roles y enfoques de capacitación.....	34

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1 Representación conceptual del desempeño energético.....	14
Figura 2 Modelo de sistema de gestión de la energía según ISO 50001	15
Figura 3 Índice de consumo vs producción	19
Figura 4 Indicadores energéticos	20
Figura 5 Diagrama de Pareto de consumos de energía eléctrica de la planta La Flora.....	22
Figura 6 Diagrama de variables de mayor consumo de energía	26
Figura 7 Grafica de dispersión Energía vs Producción.....	27
Figura 8 Grafica de dispersión Energía vs Niveles de turbiedad.....	28
Figura 9 Consumo energético mensual por operario	30
Figura 10 Promedio de consumo por cada operario y total de turnos realizados en 5 meses,	30
Figura 12 Objetivos energéticos	32
Figura 13 Metas energéticas	33

Lista de apéndices

	Pág.
Apéndice A. Marco Referencial.....	11
Apéndice B. Apéndices.....	39

Resumen

Título: Análisis e implementación del sistema de gestión de la energía eléctrica para el proceso de tratamiento de agua, en el acueducto metropolitano de Bucaramanga*

Autor: Yamid Fernando Gualteros Peralta**

Palabras clave: Sistema de Gestión de la Energía (SGE), Norma ISO 50001, Planta de Tratamiento de Agua, Eficiencia Energética, Energías Limpias.

Descripción: Un sistema de gestión energética implementado en una empresa es de gran importancia para el buen uso de la energía eléctrica, en el desarrollo de sus procesos de producción, generando una cultura energética ambiental que conlleve a la mejora en la eficiencia de dichos procesos. En este trabajo de grado se realizó una práctica empresarial llevando a cabo el análisis e implementación del sistema de gestión de la energía considerando los criterios de la norma NTC-ISO 50001, para los procesos de potabilización de agua, en las plantas de tratamiento LA FLORA, BOSCONIA Y FLORIDA, propiedad del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, amb S.A. ESP.

En la práctica, se realizó un análisis de los métodos utilizados para la potabilización del agua, identificando los procesos de COAGULACIÓN, FLOCULACIÓN, FILTRACIÓN Y DESINFECCIÓN, encargados de mejorar los niveles de: TURBIEDAD, PH, COLOR RESIDUAL Y COLOR VERDADERO. En estos procesos se identificaron los equipos con mayor consumo de energía eléctrica para su funcionamiento. De esta forma se construyó una línea base y una línea meta de consumos energéticos en donde se pueden evidenciar los índices de consumo actual y el que se propone alcanzar. Para lograr esta mejora en la eficiencia se han diseñado planes de acción que permitan ejecutar los objetivos y metas planteados.

*Trabajo de Grado

**Facultad de Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director Gabriel Ordóñez Plata (Doctor en Ingeniería Industrial). Codirector Jairo Fabián Jaimes Rojas. (Magister en Potencia Eléctrica) Daniel Saravia Quiroga (Especialista en Telecomunicaciones)

Abstract

Title: Analysis and implementation of the electrical energy management system for the water treatment process in the Bucaramanga metropolitan aqueduct*

Author: Yamid Fernando Gualteros Peralta**

Key Words: Energy Management System (EMS), ISO 50001 Standard, Water Treatment Plant, Energy Efficiency, Clean Energy

Description: An energy management system implemented in a company is of great importance for the proper use of electricity in the development of their production processes, generating an environmental energy culture that leads to improving the efficiency of these processes. In this work of degree was made a business practice carrying out the analysis and implementation of the energy management system considering the criteria of the standard NTC-ISO 50001, for the processes of water purification, in the treatment plants LA FLORA, BOSCONIA Y FLORIDA, property of the Metropolitan Aqueduct of Bucaramanga, amb S.A. ESP.

In practice, an analysis of the methods used for water purification was carried out, identifying the processes of COAGULATION, FLOCCULATION, FILTRATION AND DISINFECTION, in charge of improving the levels of TURBIDITY, PH, RESIDUAL COLOR AND TRUE COLOR. In these processes, the equipment with the highest consumption of electrical energy for its operation was identified. In this way, a baseline and a target line of energy consumption was built, where the current consumption rates and the ones proposed to be reached can be seen. To achieve this improvement in efficiency, action plans have been designed to implement the objectives and goals set out.

*Degree Work

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director Gabriel Ordóñez Plata (Doctor en Ingeniería Industrial). Codirector Jairo Fabián Jaimes Rojas. (Magister en Potencia Eléctrica) Daniel Saravia Quiroga (Especialista en Telecomunicaciones).

Introducción

El uso de la energía eléctrica en el país está teniendo un gran aumento, gracias a su desarrollo industrial y su alta demanda poblacional, por esto se requieren fuentes generadoras de energías limpias amigables con el medio ambiente, que suplan estas necesidades. Colombia cuenta con un importante número de alternativas para la generación de energía eléctrica, basados en el aprovechamiento y utilización de los recursos renovables que dispone el país.

Una de las razones para hacer uso de energías a partir de recursos renovables es la urgente necesidad de conservación del medio ambiente. Adicionalmente, el buen uso de la energía conlleva a una mejora de la eficiencia del consumo energético requerida para sus procesos en una organización o empresa.

La generación de energía eléctrica por medio de fuentes hídricas tiene una gran relación con los procesos de potabilización agua, ya que ésta requiere del uso de la energía eléctrica para el funcionamiento de equipos encargados de realizar las labores para el tratamiento de agua potable.

La importancia de implementar un Sistema de Gestión de la Energía en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, amb S.A. ESP, es el paso que conlleva a la toma de conciencia por parte de los operarios y personas encargadas del manejo de los equipos que consumen energía eléctrica para su funcionamiento. Una mejora en la eficiencia energética siguiendo los lineamientos de las exigencias de la norma NTC-ISO 50001 en los procesos de tratamiento de agua potable, además de una reducción en los costos del servicio de energía eléctrica reducirá el impacto ambiental que genera el malgasto de la energía en cualquiera de sus formas.

1. Objetivos

En este capítulo se establecen los objetivos de la práctica.

1.1. Objetivo general

Realizar la implementación del sistema de gestión de la energía en los procesos de tratamiento de agua para las plantas de producción de agua potable con las que cuenta actualmente el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, AMB S.A. ESP, específicamente en los aspectos concernientes al aprovechamiento de la energía eléctrica en dichos procesos, garantizando una mejora en la eficiencia y el adecuado uso de la energía.

1.2 Objetivos específicos

- Analizar los procesos de operación en cada una de las plantas de tratamiento de agua, respecto a los usos de la energía.
- Realizar la adaptación del sistema de gestión energética para los procesos de tratamiento de agua con base a las especificaciones establecidas en la norma NTC-ISO 50001.
- Establecer la respectiva documentación, diseñar un plan de estrategias y mejoras del buen uso de la energía, teniendo en cuenta los procesos y procedimientos de las plantas de producción.

2. Marco referencial

Las consideraciones generales a tener en cuenta en un sistema de gestión de energía (SGE) se presentan en este capítulo.

2.1. Generalidades

El modelo de un sistema de gestión de la energía es un factor estratégico de productividad y posicionamiento empresarial. Conociendo las demandas de producción y competitividad, el SGE integra un conjunto de factores que incluye normas medioambientales y de calidad llevando a cabo planes estratégicos de mejora en la producción y mejora de los servicios y productos que ofrece una empresa en aras de un crecimiento industrial, que tenga en cuenta las necesidades de cuidado medioambientales actuales.

Los principales factores a considerar para incorporar un sistema de gestión de la energía son: la seguridad energética, el desarrollo económico, la competitividad, el cambio climático y la salud pública. En este contexto surgen diversas políticas orientadas al ahorro y uso eficiente de la energía, algunas de las cuales incentivan los SGE (Manual Para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía, 2014).

2.2. Definición de un sistema de gestión de la energía

Un Sistema de Gestión de la Energía (SGE), se puede considerar como una herramienta que permite el crecimiento sostenible de las empresas, focalizando los esfuerzos en el uso eficiente

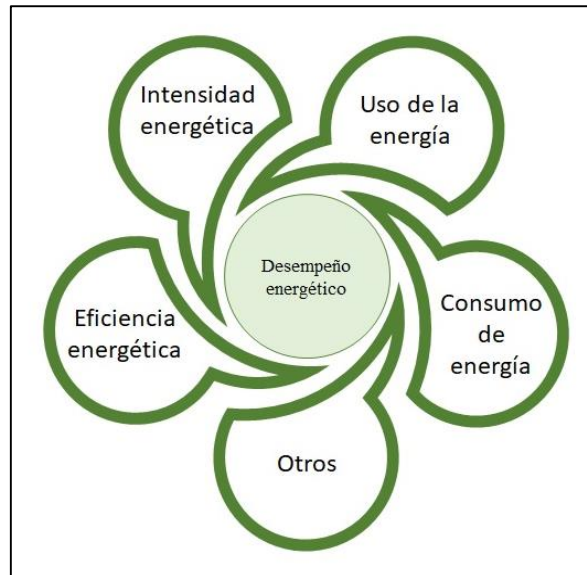
de la energía, para que se convierta en un factor de competitividad. Para lograr esto, es necesario que interactúen los diferentes actores de la organización en una empresa.

La Organización Internacional de Normalización (ISO), se ha tomado la tarea de establecer los lineamientos para la implementación de sistemas de gestión, los cuales son la guía para que se realice su implementación en cada una de las áreas de una empresa. Dos normas relacionadas con sistemas de gestión son las siguientes: la norma ISO 9001 para gestión de calidad, y la norma ISO 14001 para los sistemas de gestión medioambiental (ICONTEC, 2011). Por otra parte, para la gestión de los sistemas energéticos se tienen los lineamientos de la norma ISO 50001, “Sistemas de gestión de La Energía - Requisitos con orientación para su uso” (ICONTEC, 2011, p.8). Esta norma establece la estructura de modelos para lograr la calidad en el desempeño energético de una organización.

El desempeño energético es la forma como una empresa lleva a cabo los procesos que comprende el SGE, enfocado principalmente a tres elementos fundamentales como son: el uso de la energía, el consumo de la energía y la eficiencia energética, dando una idea de cómo la organización da aplicación, y en qué cantidad a la energía para sus procesos operativos y productivos de forma correcta mostrando un nivel de eficiencia energética, como se representa en la Figura 1 (Prías & Campos , 2013)

Figura 1.

Representación conceptual del desempeño energético



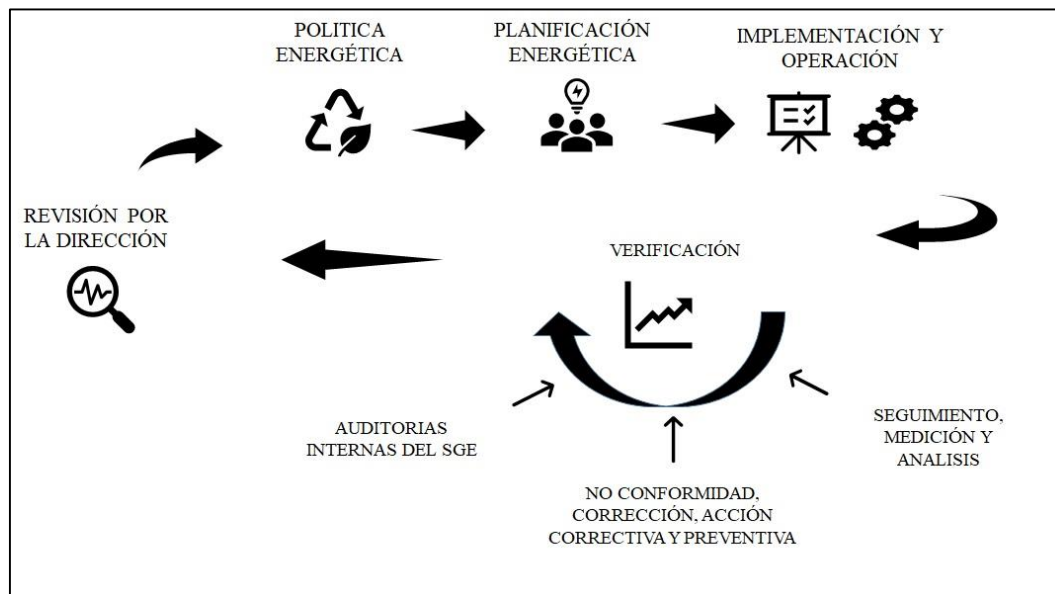
Nota: (Hernández , Ezequiel, Flores, & Sosa , 2014)

Las estrategias para la implementación de un SGE se llevan a cabo estableciendo objetivos, metas y planes de acción encaminados a la implementación de los procesos de manera continua, para lograr una política energética adecuada por parte de la organización (empresa, industria, edificaciones, etc..).

La ISO 50001 establece un ciclo de mejora continua, mediante un modelo que Planifica, Hace, Verifica y Actúa, como se ilustra en la Figura 2, para la incorporación de un SGE en una organización (ICONTEC, 2011).

Figura 2

Modelo de sistema de gestión de la energía según ISO 50001



Nota: (ICONTEC, 2011)

3. Actividades realizadas en la práctica.

Este capítulo presenta las diferentes actividades desarrolladas durante la práctica para realizar el análisis y la implementación del sistema de gestión de la energía eléctrica para el proceso de tratamiento de agua, en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (AMB).

3.1. Descripción general.

Dentro de las actividades realizadas, inicialmente se llevó a cabo una inducción por parte de la empresa donde se dieron indicaciones de cómo es el funcionamiento de las diferentes áreas y procesos administrativos; posteriormente se hizo la visita y reconocimiento a las cuatro plantas

de tratamiento de agua de la empresa, donde se conocieron las instalaciones físicas y los procesos que se realizan para el tratamiento de agua, también se hizo revisión a los tableros y las redes eléctricas internas.

Después de tener conocer cuáles son los procesos donde se va a realizar la caracterización e implementación para cada una de las plantas se analizaron los lineamientos y requisitos propuestos por la norma NTC ISO 50001 (ICONTEC, 2011) acerca de un sistema de gestión energética para su implementación. Las actividades de la práctica fueron realizadas en las cuatro plantas de tratamiento de agua que dispone el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. En este documento se describen los análisis y procesos realizados en una de las plantas de tratamiento específicamente la de “LA FLORA”; teniendo en cuenta que, estos mismos análisis y procesos se realizaron de forma similar en las otras tres plantas con que cuenta la empresa.

3.2. Descripción general de la organización

El **AMB S.A. ESP**, es una empresa que abastece de agua potable al área metropolitana de Bucaramanga conformada por los municipios de Bucaramanga, Floridablanca y Girón, con los mejores índices de calidad y de pérdidas de agua del país. Para el tratamiento de agua, el **AMB** cuenta con cuatro plantas: Morrорico con capacidad de 400 l/s, Florida con capacidad de 400 l/s, Bosconia con capacidad de 2000 l/s y La Flora con capacidad de 1400 l/s. El suministro de agua potable en el área metropolitana de Bucaramanga se realiza por gravedad en las plantas Morrорico, Florida y La Flora, mientras que la planta de Bosconia lo realiza por bombeo (AMB, 2018).

Administrativamente, el **AMB** está conformado por un Gerente General y cinco gerencias: Gerencia de Desarrollo Empresarial, Gerencia Financiera y de Recursos, Gerencia de Planeación y Proyectos Técnicos, Gerencia Operativa y Gerencia de Servicios al Usuario. El área de producción (tratamiento de agua) se encuentra al interior de la Gerencia Operativa.

3.3. Alta dirección y liderazgo

El sistema de gestión de energía requiere de un liderazgo que debe ser ejercido por la dirección de la empresa. En este numeral esta descrita la política energética establecida, los encargados de realizarla y el equipo conformado para la implementación y seguimiento del sistema de gestión de energía.

3.3.1. Política energética

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP (**AMB**) en su proceso de potabilización de agua en las plantas La Flora, Floridablanca y Bosconia fomenta el uso eficiente de energía en sus actividades asociadas a implementar un sistema de gestión de energía que conlleva a ser plantas sostenibles.

Con la mejora continua del desempeño energético se compromete a cumplir con metas en disminución de consumo y, a su vez, los costos relacionados a este.

Igualmente, destina y garantiza en el tiempo los recursos necesarios para la consecución de los objetivos planteados en el sistema.

Se compromete a seguir y cumplir los requisitos legales y aquellos que la organización considere convenientes relacionados con la eficiencia energética de los procesos en las plantas de tratamiento de agua (AMB, 2018).

3.3.2. Alta gerencia

En el **AMB**, como compromiso de la alta dirección, la Gerencia General delego al Ing. Jairo Fabian Jaimes Rojas, Director de la Gerencia Operativa como el representante de la dirección del Sistema de Gestión de Energía (SGE), demostrando su interés y compromiso en un tema tan importante para la empresa. Como respaldo se tiene el acta con su nombramiento (ver Anexo A).

3.3.3. Equipo de SGE

En la empresa, se conformo el comité de energía, el cual esta integrado por las personas encargadas de la dirección y operación de la parte administrativa de la empresa, además de los jefes de cada una de las plantas. Para la implementación de las acciones a realizar, también se incluyeron en el comité del SGE, los encargados de las áreas de: mantenimiento, compras y recursos humanos. Como respaldo se tiene el acta de nombramiento para la conformación del Comité de Energía. (ver Anexo B).

3.4. Planificación del SGE

A continuación, se presenta los pasos que se siguieron para realizar la planificación del Sistema de Gestión de Energía en la planta de tratamiento de agua LA FLORA, respecto a una estimación de la base de datos de la empresa.

3.4.1. Revisión energética

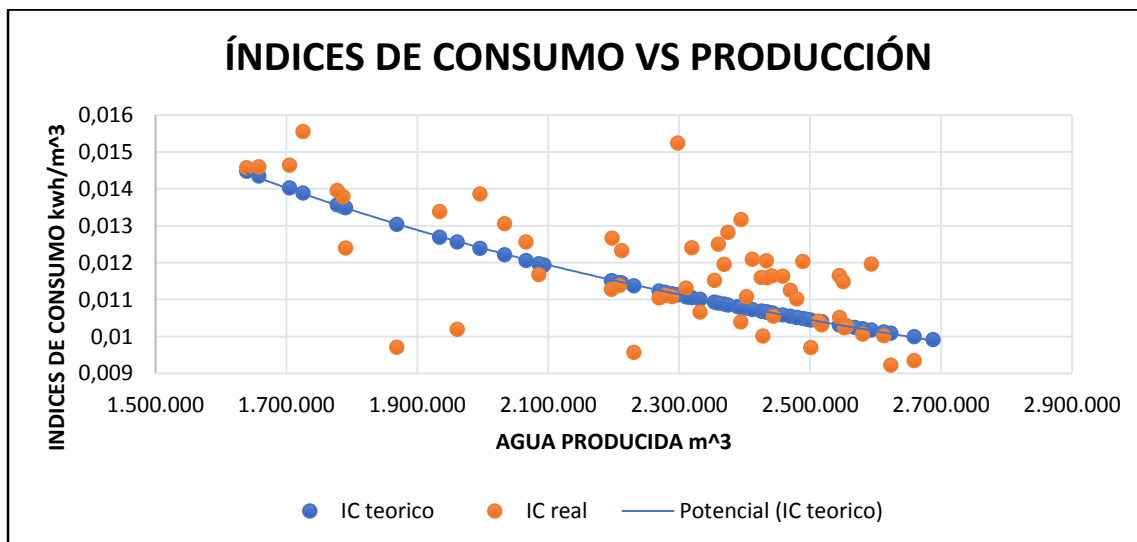
De acuerdo con los lineamientos establecidos en la norma NTC ISO 50001, inicialmente se desarrolló una revisión de actividades propias de la empresa teniendo en cuenta el desempeño energético llevado a cabo para la realización de procesos de potabilización de agua, basado en el

análisis del uso y consumo de energía y de cómo se ve afectada la eficiencia energética para dichos procesos (ICONTEC, 2011).

Observando el consumo de energía en función del volumen de producción (ver Figura 3), se evidencia que el comportamiento del índice de consumo mensual (IC real) es muy disperso con relación al índice de consumo teórico (IC teórico), indicando que el proceso maneja unas cargas de operación no muy apropiadas en cuanto a la relación con la eficiencia energética. Por otra parte, se pudo identificar que, a volúmenes de producción por arriba de 2 150 000 m^3 , el consumo energético se reduce como consecuencia de la energía no asociada a la producción, es decir, la operación por encima de esta carga de producción tiene una variación menor del índice de consumo.

Figura 3

Índice de consumo vs producción

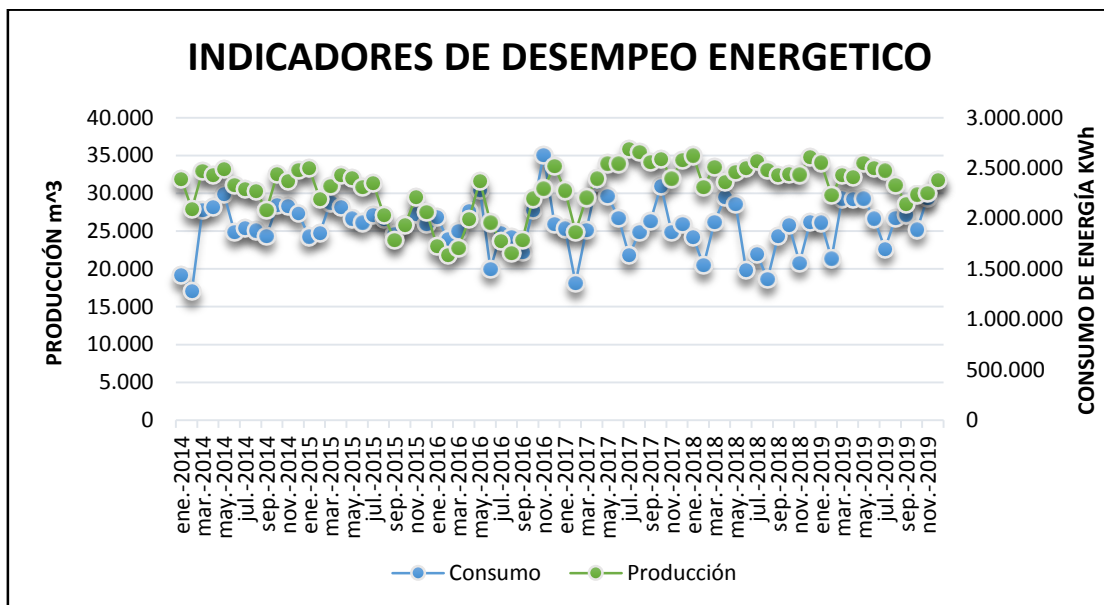


En la Figura 4 se presenta el comportamiento de la producción de agua potable y el consumo de energía eléctrica durante los años 2014 a 2019.

Cabe aclarar que para el caso de tratamiento de agua hay variaciones del estado en que ingresa el agua a las plantas debido a causas medioambientales, provocando una disminución o aumento del consumo de energía eléctrica para el proceso de potabilización. Por esta razón se enfatiza principalmente en la adecuada operación de equipos para llevar a cabo estos procesos en busca de una disminución en el consumo de la energía eléctrica, manteniendo la producción de agua potable demandada.

Figura 4

Indicadores energéticos



3.5. Caracterización energética

Para la caracterización energética, se realiza un inventario de cargas de los equipos involucrados en los procesos de tratamiento de agua y equipos auxiliares.

En este proceso se verifican las características nominales de los equipos y se establece el tiempo de operación en horas al mes, correspondiente al registro que los operarios de la planta manejan en el funcionamiento de cada uno de ellos (ver Tabla 1).

Tabla 1

Inventario de cargas Planta La Flora AMB - Equipos agrupados por proceso

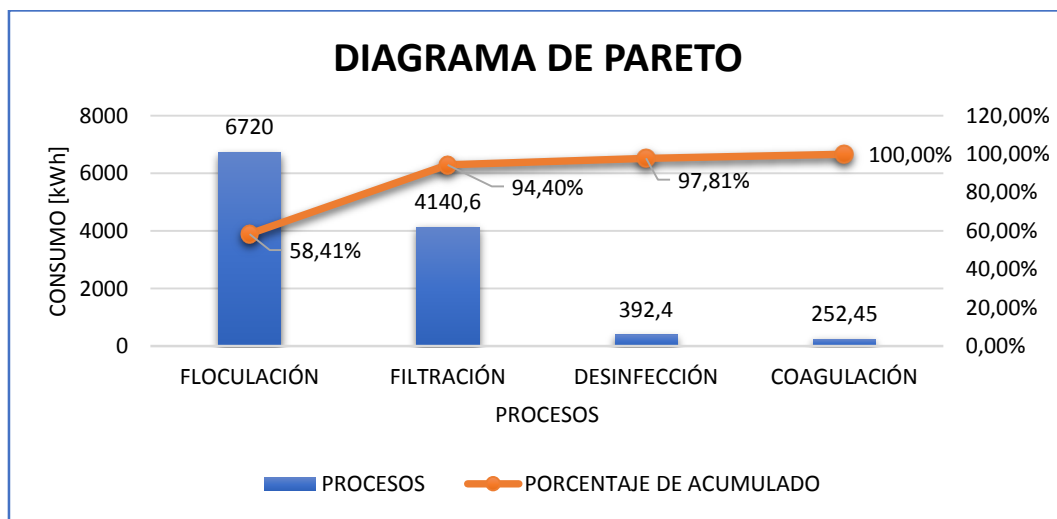
INVENTARIO DE CARGAS Y USOS SIGNIFICATIVOS DE ENERGIA							
PROCESO	EQUIPO	POTENCIA [kW]	TIEMPO DE USO MES [h]	CONSUMO [kWh]	TOTAL POR PROCESO [kWh]	PORCENTAJE ACUMULADO	PORCENTAJE DEL EQUIPO RESPECTO DEL PROCESO
COAGULACIÓN	BOMBA SULFATO 1	0,75	80	60,0	252,5	2,194%	23,8%
	BOMBA SULFATO 2	0,75	80	60,0			23,8%
	BOMBA SULFATO 3	0,75	67	50,3			19,9%
	BOMBA PAC	0,75	80	60,0			23,8%
	MONTACARGA DE SULFATO	3,7	6	22,2			8,8%
FLOCULACIÓN	FLOCULADOR 1	5	672	3 360,0	6,720,0	58,407%	50,0%



	FLOCULADOR 2	5	672	3 360,0			50,0%
FILTRACIÓN	COMPRESOR 1	11,2	48	537,6	4,140,6	35,988%	13,0%
	COMPRESOR 2	18,6	48	892,8			21,6%
	BOMBA LAVADO 3	22,4	60	1 344,0			32,5%
	BOMBA LAVADO 4	22,4	60	1 344,0			32,5%
	MONTACARGA DE CAL	3,7	6	22,2			0,5%
DESINFECCIÓN	BOMBA MIRAFLORES 1	11,2	15	168,0	392,4	3,411%	42,8%
	BOMBA MIRAFLORES 2	11,2	20	224,0			57,1%
	POLIPASTO	0,4	1	0,4			0,1%
TOTAL					11 505,5		

Figura 5

Diagrama de Pareto de consumos de energía eléctrica de la planta La Flora



Dado que el enfoque de esta implementación son los procesos de tratamiento de agua potable y teniendo en cuenta el diagrama de Pareto de la Figura 5, los subprocesos de floculación

y filtración son los de mayor consumo de energía eléctrica y es donde las estrategias de gestión de energía tienen un impacto más significativo.

3.5.1. Definición de variables significativas

A lo largo del proceso de tratamiento de agua existen diferentes variables, las cuales en algunos casos tienen niveles de afectación no permisibles que, en consecuencia, hacen que el agua no sea potable; por ende, se deben hacer alteraciones dentro de los subprocesos de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección, para llevar dichas variables a niveles óptimos que conllevan a obtener agua potable, de buena calidad y apta para el consumo humano. Dentro de los subprocesos se realizan operaciones por métodos manuales y por medio de la utilización de equipos tecnológicos que requieren el uso de energía eléctrica para su funcionamiento, algunas de las variables que requieren el mayor uso de recursos para mejorar sus niveles de afectación en la potabilización de agua para la planta La Flora son:

- Turbiedad
- PH
- Cloro residual
- Color verdadero

Estas variables deben cumplir con los niveles óptimos mostrados en la Tabla 2, a partir de las directrices establecidas por el Ministerio de la Protección Social. Los límites de los parámetros de la Tabla 2 son los que garantizan que el agua sea apta para el consumo humano.

Tabla 2*Parámetros fisicoquímicos*

PARÁMETRO DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICO	PARÁMETRO DE REFERENCIA
pH	6,5 – 9,0
Conductividad $\mu\text{S} / \text{cm}$	$\leq 1000 \mu\text{S} / \text{cm}$
Cloro residual	0,3 – 2,0 mg Cl ₂ / L
Turbiedad Unidades Nefelométrías de Turbiedad (UNT)	$\leq 2 \text{ NTU}$
Alcalinidad mg CaCO ₃ / L	200
Color Aparente (Unidades Platino Cobalto - UPC)	$\leq 15 \text{ UPC}$
Dureza mg CaCO ₃ / L	300

Nota: (Programa de monitoreo de agua potable BPM, 2018)

Tabla 3*Niveles numéricos para cada variable*

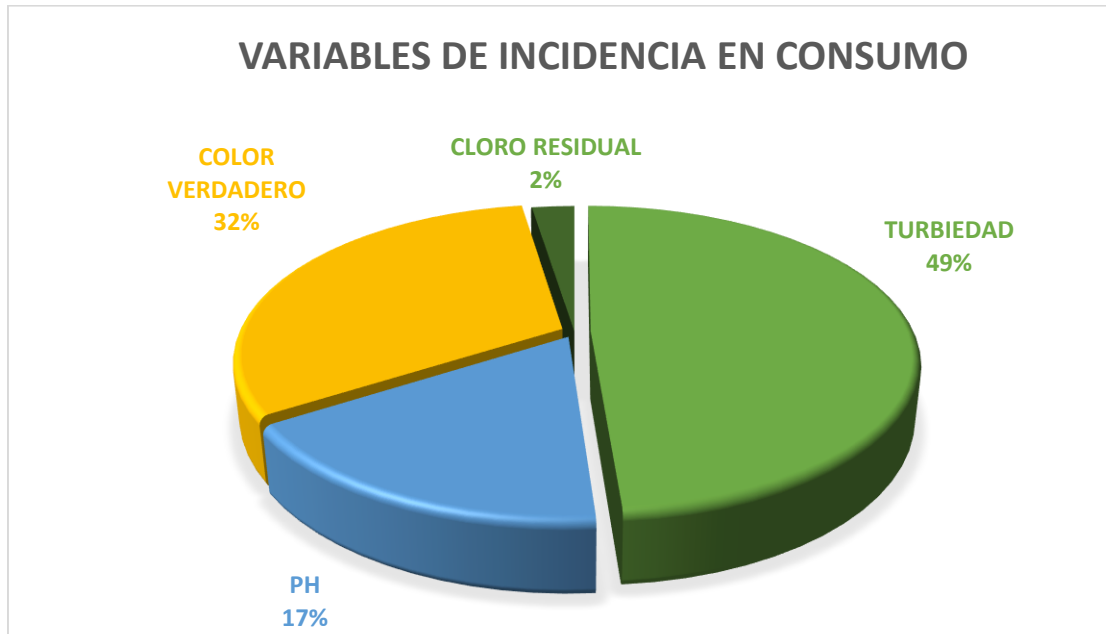
PERIODO	TURBIEDAD	PH	COLOR VERDADERO	COLOR RESIDUAL
	[NTU]	[Unidades]	[UPC]	[mg/l]
ene-2018	8,477	7,970	9,958	1,160
feb-2018	8,630	7,993	8,531	1,160
mar-2018	31,696	7,932	17,894	1,160
abr-2018	83,534	7,790	33,361	1,160
may-2018	33,640	7,772	20,140	1,160
jun-2018	7,067	7,889	9,983	1,160
jul-2018	2,806	7,904	6,942	1,170
ago-2018	3,601	7,952	6,669	1,160
sep-2018	18,134	8,044	13,396	1,160
oct-2018	75,549	8,029	29,897	1,150
nov-2018	17,140	7,943	14,763	1,160
dic-2018	5,219	7,969	7,399	1,170
ene-2019	5,371	7,844	9,101	1,110
feb-2019	6,330	7,907	9,024	1,160
mar-2019	48,436	7,910	24,655	1,140

abr-2019	77,093	7,861	23,303	1,150
may-2019	34,702	7,975	23,870	1,140
jun-2019	33,07	8,060	16,352	1,150
jul-2019	3,40	8,100	7,549	1,160
ago-2019	2,76	7,900	7,047	1,170
sep-2019	3,81	7,940	8,325	1,110
oct-2019	12,77	8,010	17,540	1,160
nov-2019	8,45	7,910	12,462	1,140
dic-2019	10,35	7,950	11,735	1,150
VALORES PROMEDIO				
	22,585	7,940	14,579	1,153

A partir de la información que proporciona la base de datos de la empresa; en la Tabla 3, se consignan los niveles de incidencia de cada una de las variables en un periodo de dos años desde enero de 2018 hasta diciembre de 2019, observando amplias diferencias en los valores numéricos de las variables, especialmente en la que mide la turbiedad del agua. Teniendo en cuenta dichas variaciones se determinan los valores promedio para cada una de ellas y se realiza una comparación como se observa en la Figura 6, que determina cual es la variable que más tiene incidencia en el consumo de energía por la necesidad de utilizar procesos para mejorar estos parámetros y garantizar que el agua sea apta para el consumo humano. En esta figura se observa que la necesidad de reducir el nivel de turbiedad del agua es el proceso que requiere más uso de energía eléctrica con relación a los demás parámetros.

Figura 6

Diagrama de variables de mayor consumo de energía



Para lograr los niveles óptimos de estas variables se necesitan ciertos recursos como componentes químicos que se adicionan en los diferentes subprocesos y el uso de equipos eléctricos, Los niveles de turbiedad en particular se reducen mediante los subprocesos de coagulación y floculación donde el recurso principal es la utilización de equipos eléctricos, por ende, existe un mayor consumo de energía, para lograr obtener los niveles requeridos.

3.5.2. Línea base

Después de tener seleccionada la variable más significativa, se realizó un análisis de consumo versus niveles de turbiedad. En la Figura 7 se observa cómo es su comportamiento actual, evidenciando una dispersión muy amplia arrojando una regresión lineal no confiable, al igual que el valor del coeficiente de determinación lineal R^2 , que establece que tan cerca están los datos de

la línea de regresión ajustada y se obtiene mediante el cociente de la variación explicada sobre la variación total arrojando un valor muy bajo. En la Tabla 3 se observan los criterios de que tan favorable es el ajuste para una buena caracterización y posterior implementación del SGE.

Figura 7

Grafica de dispersión Energía vs Producción

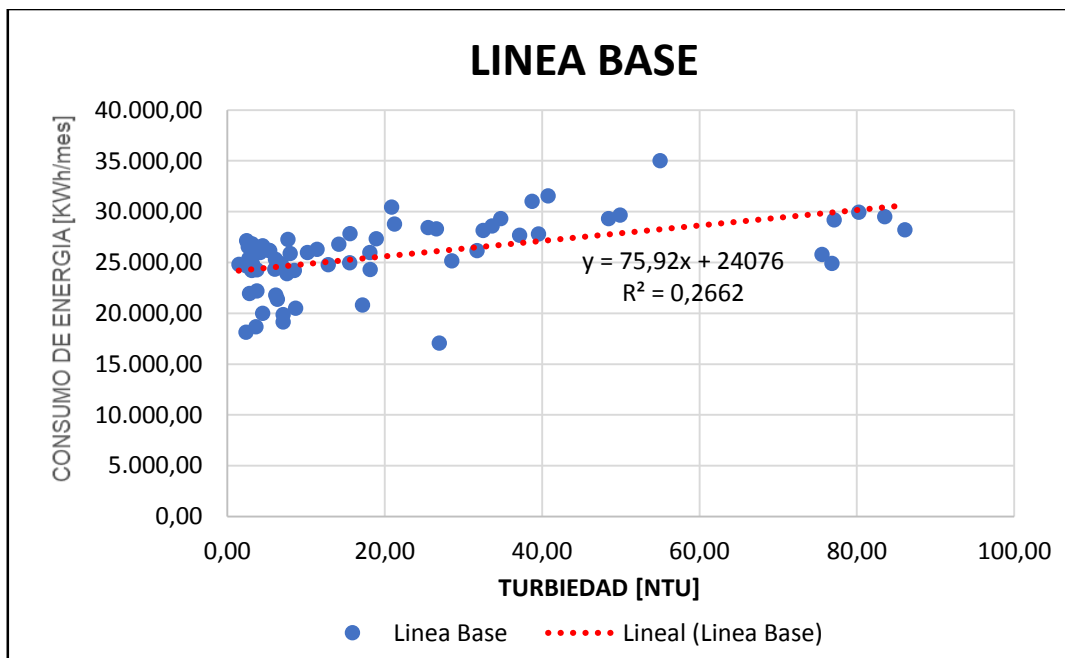


Tabla 4

Criterios de R^2

CRITERIOS PARA R^2	
VALOR DE R^2	RELACION DE FAVORABILIDAD
0 - 0,04	Despreciable
0,04 - 0,16	Débil

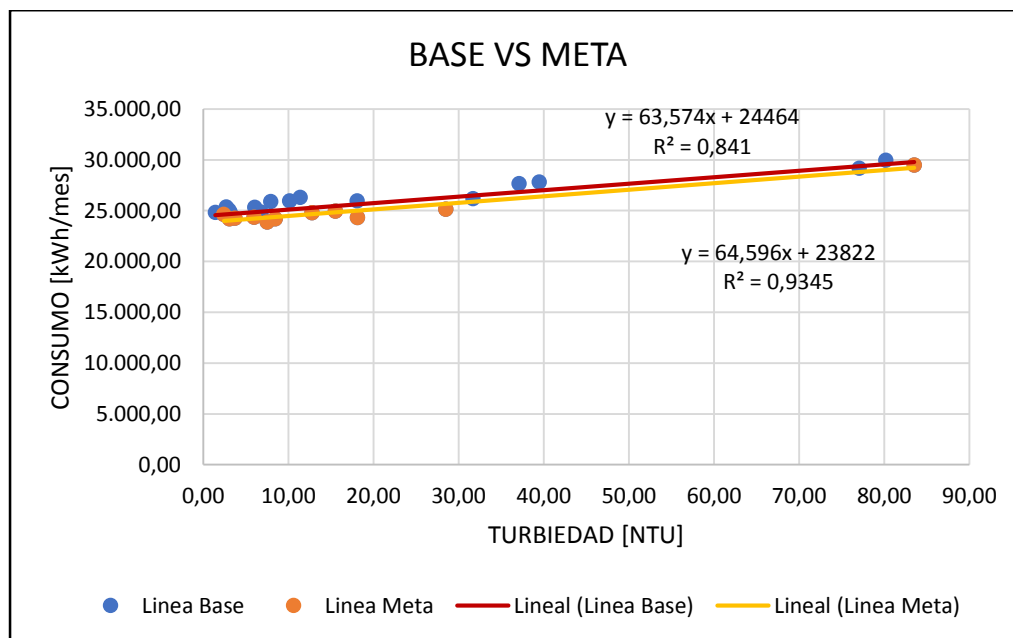
0,16 – 0,49	Moderada
Objetivo: 0,75	Fuerte
0,49 – 0,8	
0,8 - 1	Muy Fuerte

Nota: (Prías & Campos , 2013)

Para el ajuste de esta línea base, se filtraron aproximadamente el 30% de los datos que presentaron mayor grado de dispersión (datos atípicos) utilizando la metodología del error estándar de la muestra, que sugiere eliminar aquellos datos que presentan una dispersión mayor alrededor de la línea de regresión y teniendo como referencia el valor de R^2 permisible.

Figura 8

Grafica de dispersión Energía vs Niveles de turbiedad



Es importante contar con una meta alcanzable que estimule el uso final eficiente de energía y un indicador que evalúe cuantitativamente esa meta. Dicha meta se calcula con la ecuación de la línea de tendencia del gráfico de consumo versus producción, tomando los niveles por debajo de la media, como se representa en la Figura 8.

El objetivo principal de la representación de la Figura 8 es mostrar los altos consumos en relación con los altos niveles de turbiedad, dando una medida importante para establecer en la línea meta proyectada. Con una correlación de ($R^2 = 0,9345$) se obtiene una reducción del consumo de energía eléctrica de 24,464 kWh a 23,822 kWh cuando la turbiedad está por debajo del valor límite establecido, cabe aclarar que estos valores son aproximaciones a los reales, respecto a una estimación de la base de datos de la empresa.

3.5.3. Otras variables para tener en cuenta

Adicionalmente se realiza el análisis de la variable “intervención humana” que a consideración del encargado de la operación en la empresa es de gran importancia para la adecuada operación de los equipos involucrados en los procesos de tratamiento de agua. La Figura 9 presenta el consumo mensual de energía eléctrica discriminado por operarios de acuerdo con los turnos en que cada uno de ellos labora.

Por otra parte, en la Figura 10 se muestra el consumo por operario durante cinco (5) meses.

Figura 9

Consumo energético mensual por operario

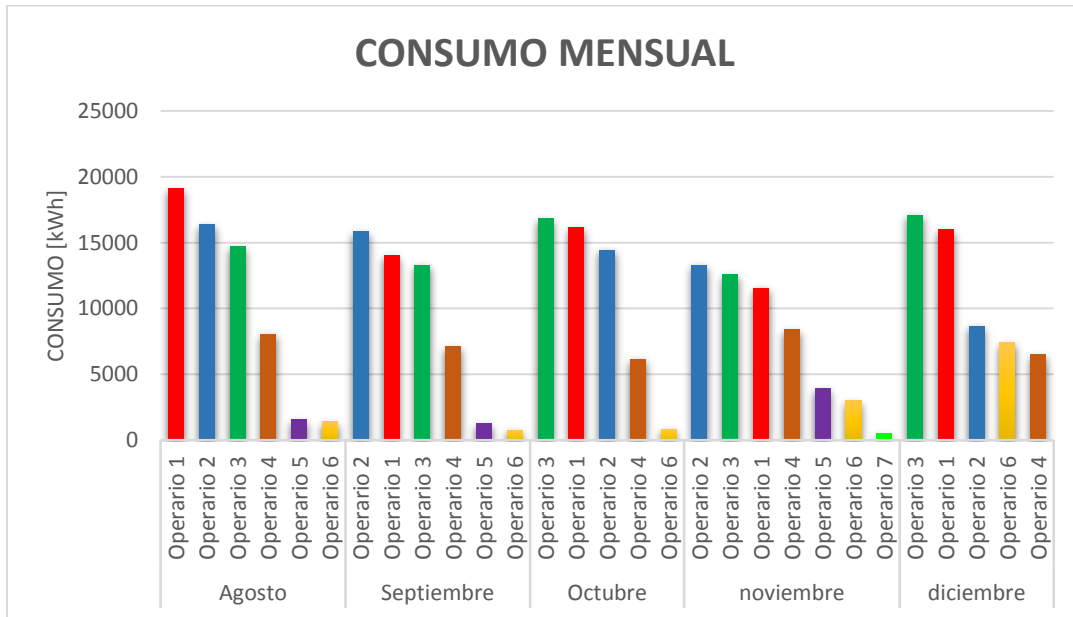
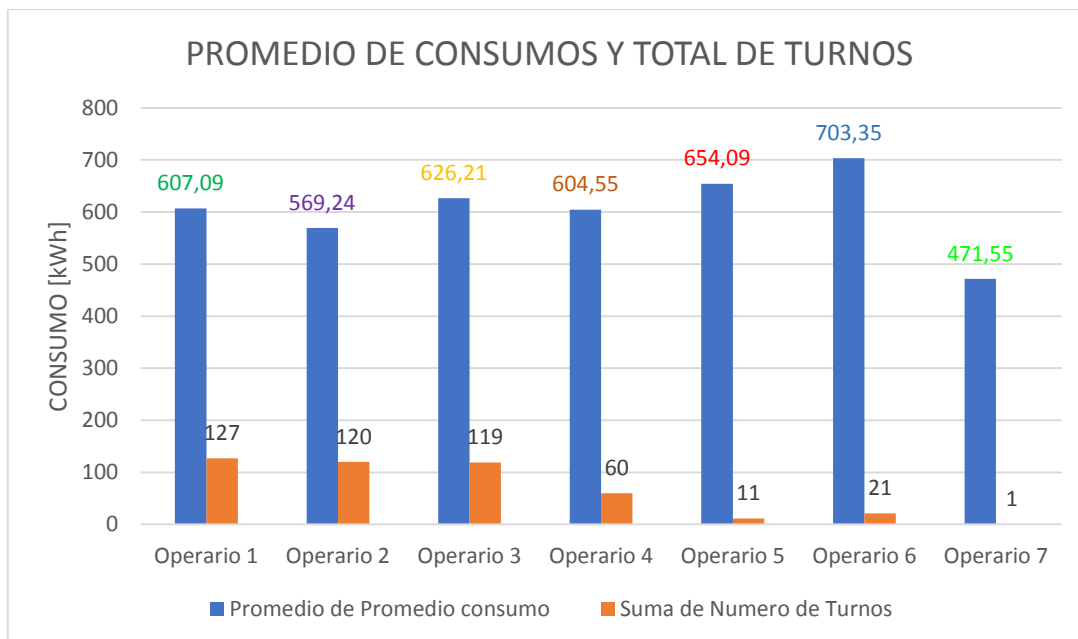


Figura 100

Promedio de consumo por cada operario y total de turnos realizados en 5 meses



La forma en que se lleva a cabo este análisis es teniendo en cuenta el consumo de cada operario en todos los turnos realizados en el mes por cinco meses, arrojando como resultado tendencias de altos consumos constantes en algunos de los operarios. Los gráficos de las figuras 9 y 10, muestran como es el consumo de cada operario dependiendo ya sea de malas prácticas en la operación de equipos o por condiciones medioambientales donde se requiera de mayor uso de máquinas eléctricas para dichos procesos.

3.6. Implementación y operación

Después de realizar la caracterización de los consumos de energía eléctrica y producción de agua potable, se procede a realizar un plan de estrategias, en busca de reducir el consumo energético sin afectar los volúmenes de producción de agua.

3.6.1. Objetivos y metas

De acuerdo con la caracterización realizada, el logro de la reducción de los consumos de energía eléctrica requiere de una capacitación de los operarios de la planta para que se optimicen los procesos relacionados con la potabilización del agua y una medición de energía eléctrica del proceso de floculación. Para ello se establecieron los objetivos y metas que se muestran en las figuras 12 y 13, que son de gran importancia en el proceso de implementación del SGE y deberán ser ejecutados para poder alcanzar las metas establecidas.

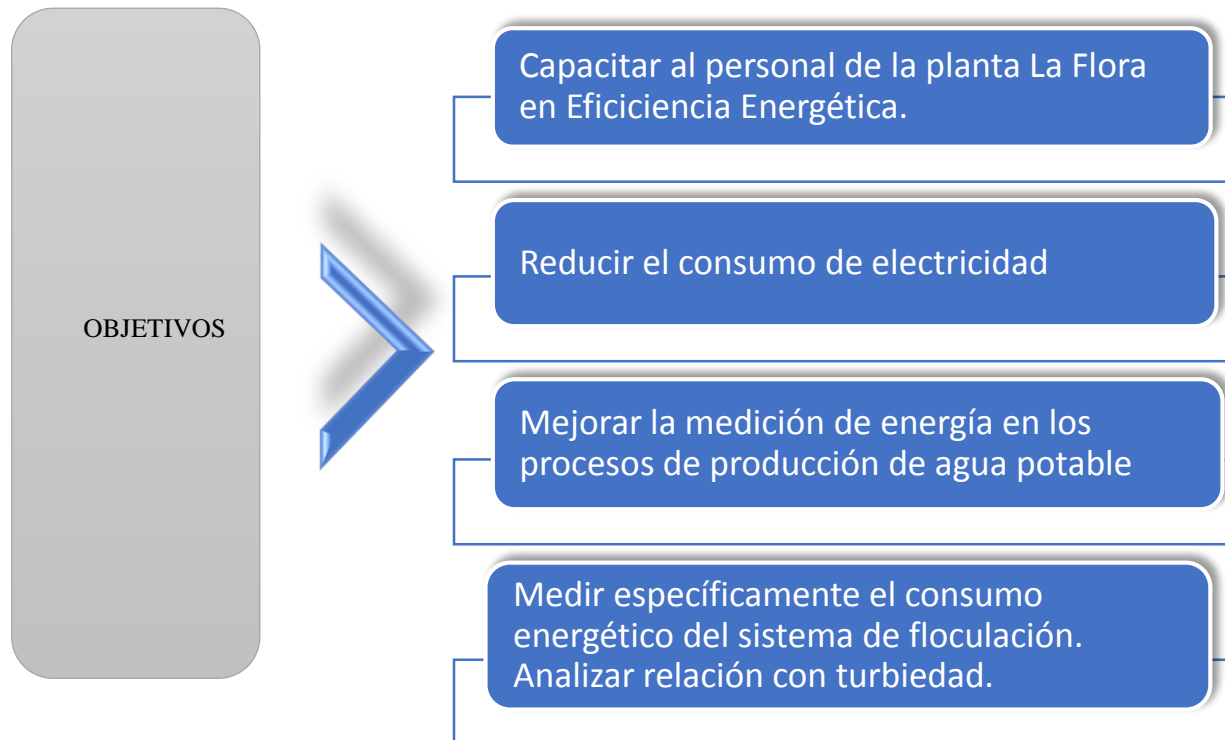
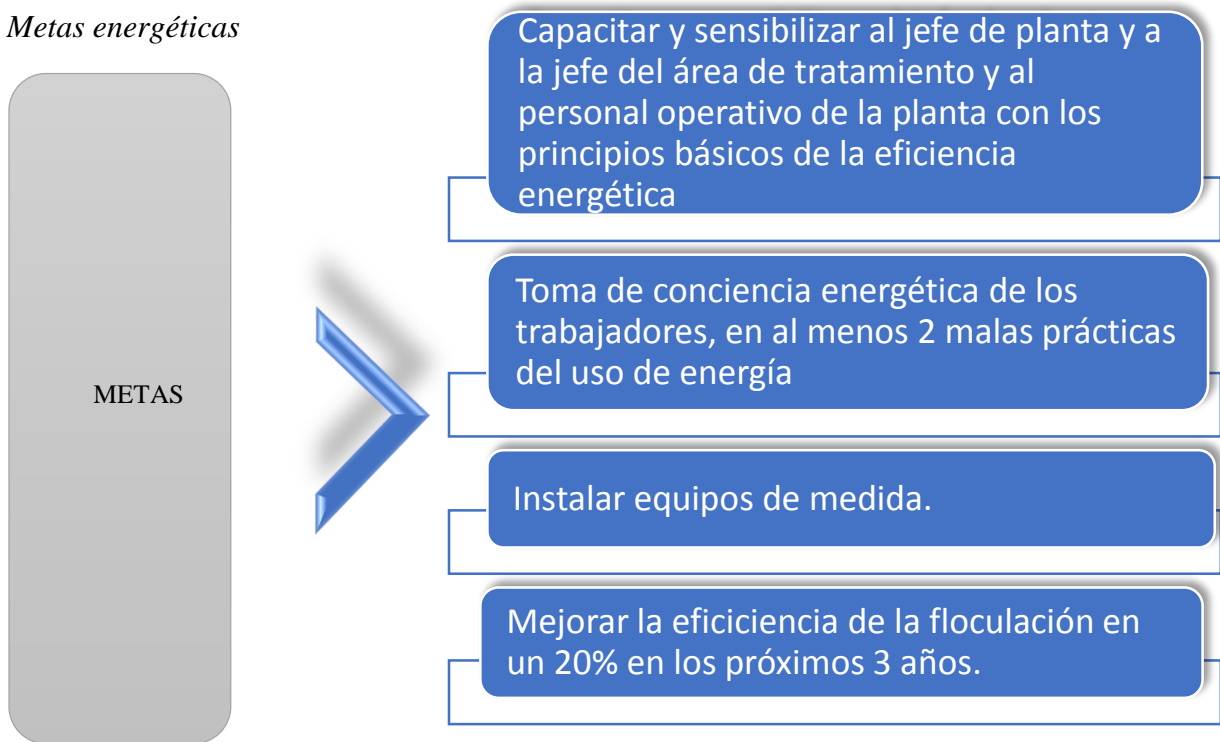
Figura 11*Objetivos energéticos*

Figura 12*Metas energéticas*

3.6.2. Plan de acción

Para la formalización y divulgación de los planes de acción, se debe contar con los recursos, estrategias, material de apoyo, entre otros. Además, se establecen los plazos necesarios para llevar a cabo los objetivos y metas energéticas antes planteados. El formato de los planes de acción completos se encuentra en los anexos C y D.

3.6.3. Competencias del personal y capacitación

Las competencias están basadas en niveles adecuados de educación, capacitación, formación y experiencia laboral. En la Tabla 5 se establecen algunos de las actividades que tiene cada perfil en la empresa para cumplir con su deber en el SGE.

Tabla 5

Perfiles, roles y enfoques de capacitación

Perfil	Rol	Enfoque de capacitación
Nivel Gerencia	Tiene un rol de promotor de SGE, transmitiendo la importancia de mejorar el desempeño energético y asignando los recursos necesarios para ello,	Enfoque estratégico sobre los beneficios del correcto funcionamiento del SGE y mejora del desempeño energético,
Nivel Operacional	Controlar el uso, consumo y desempeño energético para los usos significativos,	Enfoque técnico sobre controles operacionales y aspectos específicos de la operación,
Nivel Soporte	Apoyar la toma de decisiones que incidan en el desempeño energético, como por ejemplo la eficiencia de nuevos equipos o procesos,	Enfoque global de sensibilización sobre los impactos de uso, consumo y desempeño energético y cómo cada persona es un aporte en el ahorro, eficiencia y desempeño energético,

Nota: (ICONTEC, 2011)

3.6.4. Comunicación

El **AMB** en su compromiso por llevar a cabo esta implementación pone a disposición todos sus canales de comunicación para dar a conocer las generalidades y actividades del SGE, También se elabora un manual informativo del SGE, que sirve como guía al personal que labora en la empresa, para llevar a cabo una correcta implementación y toma de conciencia en cada uno de los procesos que realizan.

4. Conclusiones

Las conclusiones más relevantes de la práctica empresarial son las siguientes:

Las actuaciones referentes al uso y consumo de la energía, así como la gestión energética, son vitales para una organización, por lo tanto, la alta gerencia debe brindar todo su apoyo a proyectos donde se incentive el buen uso de la energía y todos sus sistemas de implementación.

El desempeño energético debe constituirse como un objetivo para las empresas y formar parte de sus procesos de planeación y pensamiento estratégico, teniendo siempre una idea clara de cómo se utiliza la energía en toda su organización.

El eje fundamental de todo sistema de gestión es la formalización de los objetivos y metas, la monitorización y el control, por parte del grupo o comité de gestión energética. Ya que la ejecución de los planes de acción es donde se involucra al personal que labora en la empresa, siendo el pilar más importante de la implementación del Sistema de Gestión Energética.

La caracterización energética realizada sirve como guía para próximos estudios y actividades referentes al buen uso energético, de parte del personal interno de la empresa llevando a cabo cada uno de los parámetros que establece la norma.

La implementación del SGE en las plantas de tratamiento de AMB, es muy importante ya que se tiene una idea clara de las mejoras en la eficiencia que pueden llegar a realizarse, también

permitiendo continuar con los procesos de implementación en las plantas de tratamiento, buscando que el AMB sea una empresa eficiente y consciente de los usos adecuados de energía en todos los procesos que realiza.

En las actividades realizadas en esta práctica empresarial, se pudo evidenciar que existe falta de conocimiento del Sistema de Gestión de la Energía por parte de operarios y personal que labora en la empresa, por esto es de gran importancia impulsar actividades que estén encaminados a capacitaciones relacionadas con la importancia de que los procesos de energía sean eficientes y en el conocimiento de la norma NTC-ISO 50001 para la adecuada implementación de este tipo de proyectos energéticos.

Como resultado de la realización de la implementación la empresa cuenta con un sistema que le permitirá llevar a cabo el control de los consumos de energía eléctrica, específicamente en los procesos de potabilización e integrando formas de operación más amigables con el medio ambiente.

La experiencia dentro de esta práctica me brindo un panorama mucho más amplio frente a los procesos de una organización, específicamente en lo concerniente en actividades de mejora continua, teniendo en cuenta los lineamientos de normatividad y desarrollo en la empresa. De igual manera los conocimientos adquiridos en la parte operativa respecto al funcionamiento de una planta de tratamiento de agua potable, lo cual es adecuado para el fortalecimiento de saberes.

5. Recomendaciones

El recurso humano en la empresa debe tener el conocimiento normativo por el cual se rige la organización, ello permitirá una mejor eficiencia en el desarrollo de procedimientos y logro de los objetivos empresariales.

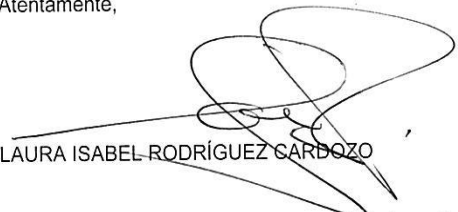
El adelanto de este tipo de proyectos permite a la empresa y los estudiantes un beneficio común en cuanto al fortalecimiento de productividad y la generación de conocimientos.

Es importante que el comité de energía esté conformado por las personas encargadas de la dirección y operación de la parte administrativa de la empresa, además de los jefes de cada una de las plantas y los encargados de las áreas de: mantenimiento, compras y recursos humanos.


Referencias Bibliográficas

- AMB. (2018). *Informe de gestión del 2018*. Bucaramanga: Acueducto Metropolitano de Bucaramanga S.A. ESP.
- Carlos, R.. (1995). *OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS*. Santafe de Bogotá, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas.
- Hernández , A., Ezequiel, G., Flores, L., & Sosa , R. (2014). *Manual para la Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*. México, D.F: Dag-Hammerskjöld-Weg 1-5.
- ICONTEC. (2011). *NTC-ISO 50001, Sistemas de Gestion de la Energia, Requisitos con orientacion para su uso*. Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificacion (ICONTEC).
- Internacional, I. (2011). *"NTC - ISO 50001" Norma tecnica Colombiana* .
- Internacional, I. (2018). *"NTC - ISO 50001" Norma tecnica Colombiana*.
- Prías , O., & Campos , J. (2013). *Implementación de un Sistema de Gestión de la Energía: Guía con base en la norma ISO 50001*. Bogotá: Universidad del Atlántico.
- Proceso de Bienestar Estudiantil-UIS. (2018). *Programa de monitoreo de agua potable BPM*. UIS, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.
- Social, M. d. (2017). *Resolución 2115*.
- Yong Li, O. (2015). *Guia práctica para la implementación de un Sistema de Gestión de la Energía*


Apéndices**Anexo A: Alta Gerencia**

	
	MEMORANDO
	ueducto Metropolitano de Bmanga E.S.P. 1006532 04/08/2017 04:16:47 p.m. GERENCIA FINANCIERA RODRIGO JOYA ARENALES
1000	
Bucaramanga,	
PARA:	Ing. RODRIGO JOYA ARENALES, Director Financiero y Administrativo Ing. JAIRO FABIÁN JAIMES ROJAS, Director de Operaciones Ing. ELISEO OSORIO SUÁREZ, Director de Planeación y Proyectos Ing. SERGIO JAVIER BLANCO PÉREZ, Director Comercial Dra. MARTHA KARIME ROMERO RIBEROS, Jefe Oficina Control de Gestión Dra. MARÍA LEONOR ARIAS FERREIRA, Jefe Gestión Humana
DE:	Gerente General
ASUNTO:	Representante de la Dirección para el Sistema de Gestión de la Energía (SGE)
	Atendiendo la importancia de mantener y fortalecer el Sistema de Gestión implementado en el amb ratificando así el compromiso de la Alta Dirección con los diferentes grupos de interés, la Gerencia General se permite delegar al Ing. Jairo Fabián Jaimes Rojas, Director de Operaciones, la Representación de la Dirección para el Sistema de Gestión de la Energía (SGE) siguiendo los lineamientos de la norma NTC-ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía.
	Atentamente,
	
	LAURA ISABEL RODRÍGUEZ CARDOZO
	Copia: - Ing. Diana Lucía Calderón Ochoa, Coordinador Gestión Estratégica, SGI y Relación con Grupos de Interés - Ing. Daniel Saravia Quiroga, Profesional Asistente

Anexo B: Equipo de SGE


ACUEDUCTO METROPOLITANO
DE BUCAHAMANGA S.A. E.S.P.

MEMORANDO

Acueducto Metropolitano de Bmanga E.S.P.

1006702
11/08/2017 08:56:48 a.m
COORDINACIÓN GESTIÓN DE CALIDAD
CALDERÓN OCHOA DIANA LUCÍA

1000
Bucaramanga,

PARA Ing. Diana Lucía Calderón Ochoa, Coordinador de Gestión Estratégica
 SIG y Relación con Grupos de Interés

 Ing. Silvia Cristina Reyes Sánchez, Coordinador de Gestión Ambiental

 Ing. Yolanda Otero Rodríguez, Jefe Planta Floridablanca

 Ing. Jolman Lozano Pico, Jefe de División ATD

 Ing. Jhovanny Gregorio Suárez Jaimes, Jefe Sección Electrónica


 Ing. Daniel Saravia Quiroga, Profesional Asistente

DE : Gerente General

ASUNTO : Designación de miembros del Comité de Energía

Con el fin de mantener y fortalecer el Sistema de Gestión implementado en el **amb**, ratificando así el compromiso de la Alta Dirección con los diferentes grupos de interés, la Gerencia General se permite designarlos como miembros del COMITÉ DE ENERGÍA, encargado de coordinar las actividades técnicas, logísticas y administrativas necesarias para el Sistema de Gestión de la Energía (SGE) siguiendo los lineamientos de la Norma NTC-ISO 50001 Sistemas de Gestión de la Energía.

Atentamente,



LAURA ISABEL RODRÍGUEZ GARDÓN

C.C. Ing. Jairo Fabian Jaimes Rojas, Director de Operaciones

Libro de firmas

