

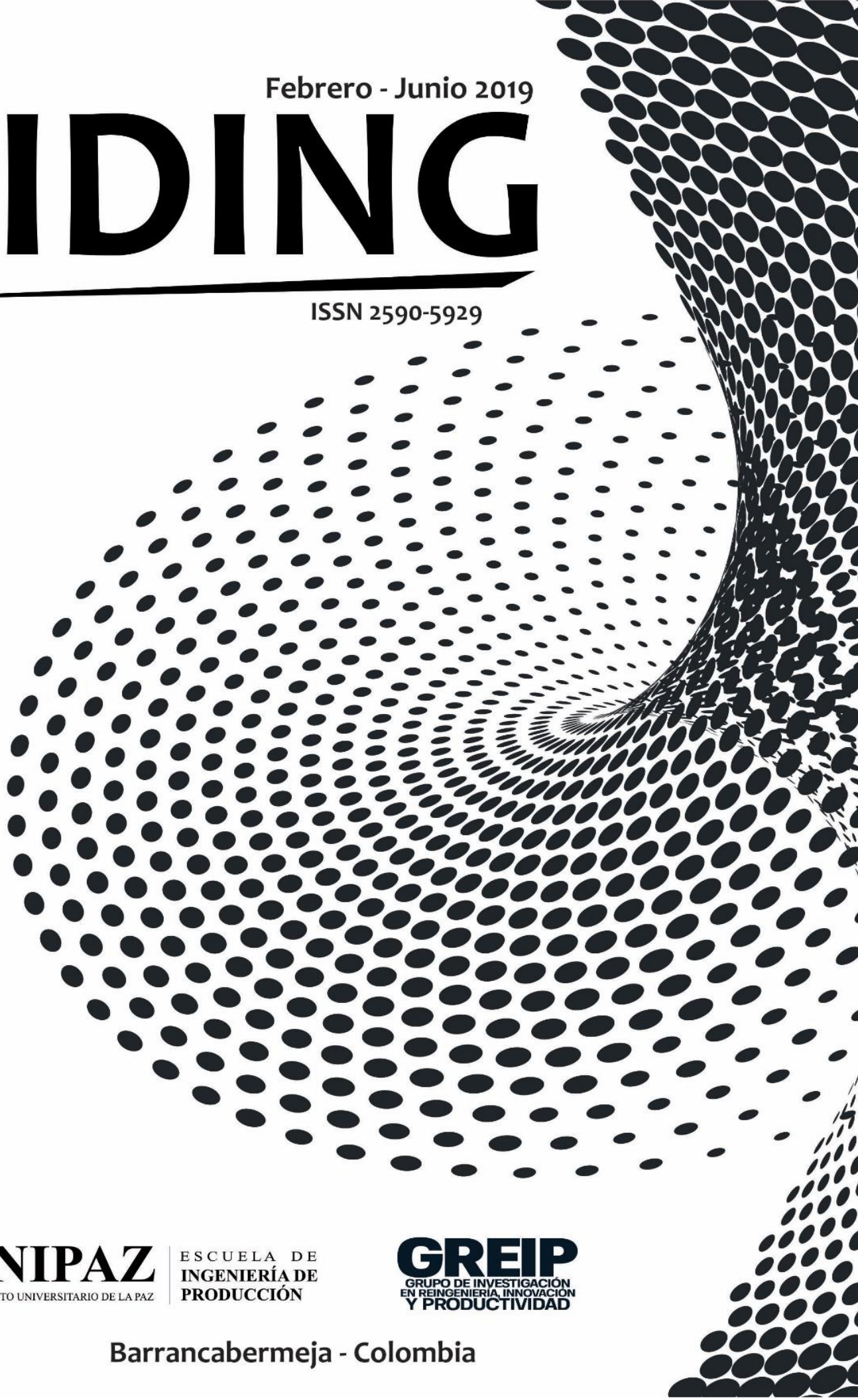
Febrero - Junio 2019

RIDING

Vol. 3

ISSN 2590-5929

Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías



UNIPAZ
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ

ESCUELA DE
INGENIERÍA DE
PRODUCCIÓN

GREIP
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
EN REINGENIERÍA, INNOVACIÓN
Y PRODUCTIVIDAD

Barrancabermeja - Colombia

CONTENIDO

Artículos

1 ESTUDIO DEL TRABAJO EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

Silvia Arciniegas , María Muñoz , Marlon Ramírez , Jairo Núñez , Jairo González Bueno,
Universidad Pontificia Bolivariana

2 EVALUACIÓN DEL MUCÍLAGO DE LA SEMILLA DE TAMARINDUS INDICA L. COMO COAGULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL RÍO MAGDALENA

Luz A. Téllez, Yhitzak S. Vásquez, Gisel A. Oviedo, Instituto Universitario de la Paz, Escuela de Ingeniería de Producción – Grupo de Investigación GREIP

3 DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICAS DEL ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO EL CENTRO ECOPETROL – CORPACENTRO

Jair Nelson Isaza Pérez. Julián Camilo Gómez Guarín
Escuela de Ingeniería de Producción Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

4 FILTRADO DE UNA SEÑAL ECG CON LA TRANSFORMADA DE WAVELET Y LA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO DE PULSACIONES POR MINUTO

Oscar Fernando Becerra Angarita
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre, RS, Brasil

5 DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA LÍQUIDO COLOMBIANA S.A

Vlaxmir Robles Marín, Dirney José Jurado Hernández
Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

6 DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

Beatriz Elena Beltrán Mujica, Julieth Marcela Oliveros Franco, Sandra Marcela Zapata Garrido. Escuela de Ingeniería de Producción, Instituto Universitario de la Paz - UNIPAZ

ESTUDIO DEL TRABAJO EN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO

Arciniegas Silvia, Muñoz María, Ramírez Marlon, Núñez Jairo, González Bueno, Jairo
Universidad Pontificia Bolivariana

Resumen— *El estudio del trabajo en una estación de servicio permite la optimización y mejor utilización de los recursos puesto que éste se refiere a la aplicación de técnicas y en particular el estudio de métodos de la medición del trabajo, usándose para examinar el trabajo humano en todos sus contextos e investigar los factores que influyen en la productividad. Además, a través de los análisis de resultados del estudio, la estación de servicio puede tomar medidas para incrementar la productividad y la confiabilidad en la seguridad del producto; maximizar la seguridad, salud y bienestar de los empleados, mejorar continuamente la calidad del servicio prestado y disminuir el tiempo para llevar a cabo las tareas respectivas.*

Palabras Clave — *Combustible, estación de servicio, estudio del trabajo, medición, proceso, productividad, producto representativo.*

I. INTRODUCCIÓN

EN el presente artículo se dará a conocer diversos tópicos que están referidos al estudio del trabajo en estaciones de servicios, gasolineras o servicentros, siendo en Colombia puntos de distribución minorista, que comercializan combustibles y lubricantes para vehículos a motor, constituyendo un impulso de desarrollo económico local. Por este motivo, existen varios factores críticos que las afectan y para controlar sus operaciones necesitan de herramientas aplicadas en el estudio de la empresa en general; relacionando los productos representativos y estudiando el proceso de servicio de venta de hidrocarburos líquidos que permiten determinar la productividad de la empresa en un periodo. [6]

A. Estado del Arte

El sector de hidrocarburos ha tenido un importante papel en la economía colombiana desde el ejercicio de exploración de petróleo, su extracción para dar paso al aprovechamiento de cada uno de sus componentes en el proceso de separación, cuyo fin, es obtener los productos que hoy en día se conocen y se utiliza en gran cantidad como gasolina, diesel, aceites, asfalto y demás.

Colombia inició su desarrollo en la industria de combustibles líquidos en el año 1869, extrayendo el recurso no renovable en el departamento de Santander, a solo 22 kilómetros de Barrancabermeja. 50 años después se incrementa la producción de petróleo gracias a los avances tecnológicos de la época para la correspondiente manipulación de refinerías, y así evitar la importación de aquel producto que prima en el servicio de la movilidad en una sociedad.

En 1948 se crea la empresa colombiana de petróleos, ECOPEL, quien es la encargada de la operación de la concesión y actividades propias del negocio del petróleo y combustibles líquidos. Abasteciendo las condiciones y necesidades del mercado de una manera tecnificada. [1]

En 2003 se consolidó la reestructuración del sector hidrocarburífero con la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH, para descargar responsabilidades de la empresa Ecopetrol que anteriormente tenía funciones como entidad reguladora y empresa petrolera, descuidando la competitividad con respecto a otras compañías del sector.

La ANH además de ser una entidad reguladora, adoptó un nuevo cambio en los contratos de regalías, impuestos y derechos para alinearse con los estándares internacionales. Gracias a la nueva estructuración dirigida por la agencia nacional de hidrocarburos, Colombia en la actualidad se posiciona como un régimen atractivo, con una estabilidad económica y política, una agencia operativa que eleva la confianza de inversionistas. El conjunto de todos estos factores ayuda a la mejora y dignificación de las condiciones económicas, sociales y ambientales del país. [2]

La cadena de producción, distribución y comercialización de los combustibles líquidos en Colombia comienza desde las refinerías. Actualmente el país colombiano cuenta con 5 refinerías a su disposición, 4 de ellas pertenecen a la compañía de Ecopetrol ubicándose en los departamentos de Bolívar, Santander, Putumayo y Meta, con el fin de abastecer la demanda del territorio colombiano y el excedente se aprovecha para la exportación a países demandantes de este recurso no renovable. Una vez culminada la etapa de refinación, el combustible es llevado a las plantas de abastecimiento operadas por distribuidores mayoristas. Hoy en día existen 50 plantas de abasto que son operadas por 17 empresas distribuidoras mayoristas, una de las más importantes es Terpel.

Silvia Daniela Arciniegas Ulloa. Estudiante de la Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. Correo: silvia.arciniegas.2016@upb.edu.co

Marlon Stiven Ramirez Rojas. Estudiante de la Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. Correo: marlon.ramirez.2016@upb.edu.co

María Manuela Muñoz Velásquez. Estudiante de la Universidad Pontificia Bolivariana. Facultad de Ingeniería Industrial. Correo: maria.munoz.2016@upb.edu.co

Jairo Núñez Rodríguez. Docente de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Industrial. Correo: Jairo.nunez@upb.edu.co

Desde las plantas de abastecimiento se traslada el combustible por medio de carrotanques a las estaciones de servicio (EDS) según el requerimiento que estas hagan, de acuerdo con un conjunto de elementos que modifiquen la relación oferta demanda, como problemas geográficos, sociales, políticos, económicos, entre otros. Los distribuidores mayoristas atienden cerca de 5.000 estaciones de servicio en más de 900 municipios en todo el territorio nacional. Para que al final se complete el proceso de comercialización de combustibles, que es llegar al cliente final. [3]

B. Mercado de comercialización de combustibles

En el mapa de distribuidores mayoristas de combustible se puede observar que Terpel tiene la mayor red de estaciones de servicio con el 39% de participación. Esto no significa que las cerca de 2.000 estaciones abanderadas por Terpel sean del mayorista, pues la mayoría son operadas por empresas minoristas que administran una o varias de estas estaciones con la bandera del mayorista (ver figura 1).

Así mismo, en el mercado se comercializan diferentes tipos de combustibles (ver figura 2). Entre el año 2000 y el año 2015 el mercado vivió una recomposición de los diferentes tipos de combustibles. En el 2000 la gasolina representaba el mayor nivel de comercialización en el mercado de combustibles y el diésel representaba el 30%. 15 años después, y gracias en parte al menor nivel de precios en el mercado y a una mayor demanda por parte del transporte de carga, el diésel incrementó su participación al 47%.

Una de las principales características en el mercado de combustibles se relaciona con la regulación de precios de la gasolina corriente y el diésel. Mensualmente el Gobierno fija los precios de referencia para estos dos tipos de combustible y para cada una de las ciudades principales. Dentro de los principales componentes del precio de los combustibles (ver figura 3), se destaca el ingreso al productor, que es el valor que recibe Ecopetrol por cada galón de combustible que se comercialice en el país; los impuestos, que están divididos en el impuesto nacional a los combustibles, que va dirigido al Gobierno Central y en la sobretasa, que se queda en los departamentos, así como los márgenes de distribución a nivel mayorista y minorista.

Una de las principales características de este sector se relaciona con la fijación del ingreso que recibe Ecopetrol, el cual depende del precio del petróleo a nivel internacional y del comportamiento del dólar en relación con el peso colombiano. Este método busca que para Ecopetrol sea indiferente vender los combustibles en el mercado nacional o a nivel internacional.

Sin duda, el principal factor de crecimiento de los combustibles es la dinámica del sector automotriz (ver figura 4), puesto que a nivel mundial está presentando cambios importantes, entre los que se destaca el uso de combustibles alternativos y el desarrollo de vehículos que usen fuentes de energía renovables. Recientemente la Gerente General de General Motors manifestó que la industria automotriz cambiará más en los próximos 10 años, de lo que lo ha hecho en los últimos 50; esto supone que el sector de combustibles deberá adaptarse a estas nuevas tendencias.[3]

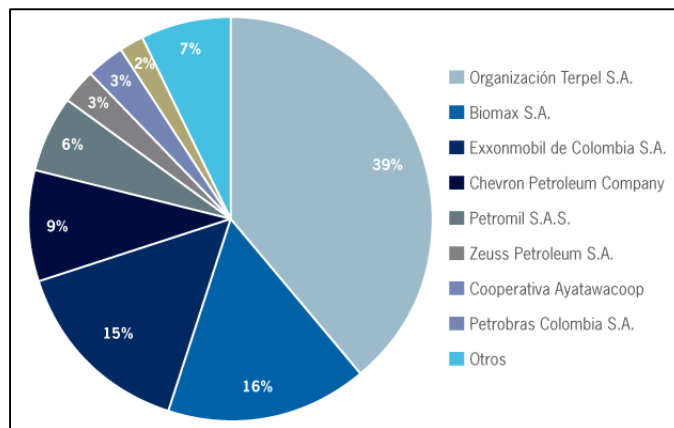


Figura 1. Concentración de mercado (% del total de EDS) de principales mayoristas. [3]

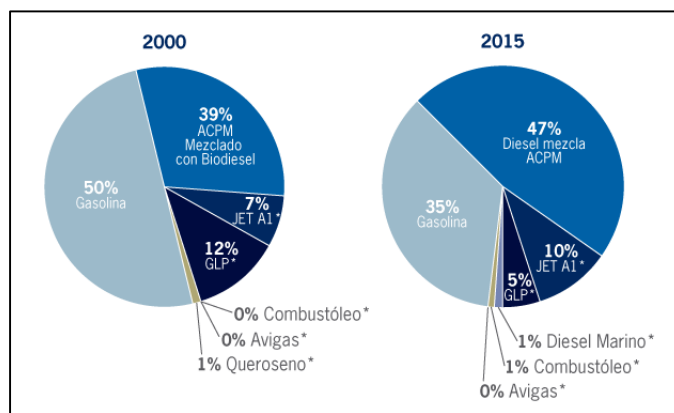


Figura 2. Participación histórica de combustible. [3]

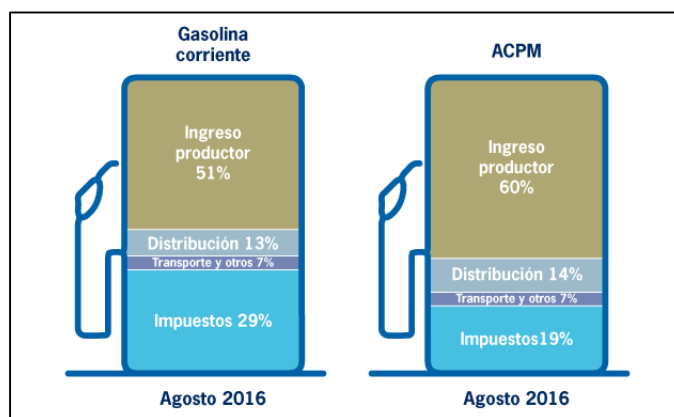


Figura 3. Distribución del precio de los combustibles. [3]

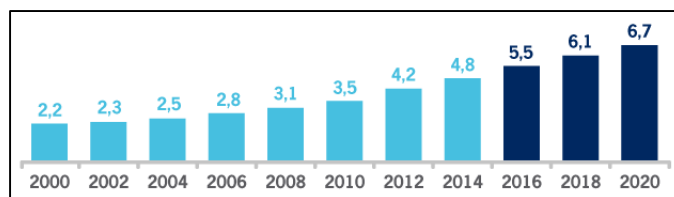


Figura 4. Dinámica del Sector Automotor. [3]

C. Pérdidas de combustible en tanques

Las pérdidas totales (L_T) de emisiones en tanques por evaporación es la suma de pérdidas por almacenamiento (L_S)

(respiración) y las pérdidas por trabajo (L_w) (recibos y despachos). (Debido a que los datos se promedian para la obtención de cálculos, es necesario tener una precisión de seis decimales en las variables de entrada y mantener seis decimales en el proceso de cálculo).

Las pérdidas por almacenamiento se realizan bajo condiciones completamente estáticas, las concentraciones de vapor en equilibrio pueden ser estables y ninguna evaporación adicional ocurrirá. En estas condiciones el espacio de vapor del tanque es saturado con vapor. Las pérdidas por venteo en los espacios de vapor ocurren cuando la temperatura diaria y la presión barométrica cambian causando expansión térmica y contracción de vapor. Esto causa saturación de vapor que sale del tanque y succión de aire fresco. Una metodología para estimar emisiones de sustancias de presión de vapor baja consiste en una ecuación de pérdidas por almacenamiento desarrollada con el modelo teórico de las pérdidas. Las pérdidas por venteos se ven afectadas por el diámetro y el color del tanque (absorción de calor) entre otras variables y hacen parte del modelo teórico de cálculo.

Las pérdidas por trabajo son aquellas que se producen por evaporación asociada con cambios del nivel de líquido en el tanque (recibos y despachos) y pueden incluir el desplazamiento de vapor que se genera en la superficie del líquido. Las pérdidas por trabajo se ven afectadas por el número de movimientos del tanque, el peso molecular del producto, diámetro, el color del tanque y el remanente promedio anual del líquido en el tanque, entre otros. Un techo flotante desciende durante los retiros del producto almacenado, parte del líquido almacenados adhiere a la superficie de la pared del tanque y es expuesta a la atmósfera. Las pérdidas por evaporación representan la cantidad de producto que se evapora antes que sea cubierta por el techo flotante en el llenado siguiente. Generalmente, el factor más importante que afecta la adherencia es la viscosidad del producto almacenado.

Por otra parte, la fuente potencial de evaporación se debe a la absorbancia solar de la superficie externa del tanque siendo función adimensional del color, del estado de la pintura y del tipo de superficie, que afecta la emisión de vapores en todos los tanques de almacenamiento. Para determinar su valor puede calcularse mediante la ecuación:

$$(1) \alpha = \frac{\alpha r + \alpha s}{2}$$

Donde: α es la absorbancia total del tanque
 αr es la absorbancia en el techo del tanque
 αs es la absorbancia en la pared del tanque
 [4]

Las pérdidas de combustible en tanques traen efectos negativos de gran significancia para las empresas comercializadoras de hidrocarburos puesto que como se menciona se pierden cantidades de galones y pues así mismo el costo del producto. En el caso de la estación de servicio estudiada se presenta a continuación los valores en galones y pesos de pérdidas de combustibles (ACPM – Gasolina Corriente).

				Precio galón	Total pérdida por evaporación
Almacenamiento Tanque Gasolina (Galones)	10000	0,0034	34	9172	311848
Almacenamiento Tanque Diesel (Galones)	10000	0,0074	74	8714	644836

Tabla 1. Pérdidas de combustible en tanques. (Archivo Excel)

II. METODOLOGÍA

Para identificar los productos o familias más importantes dentro de una organización, es necesario aplicar el diagrama de Pareto, este diagrama está basado en la “ley 80-20“, donde determina los factores, en este caso los productos vitales y menos vitales, siendo los vitales los que representan la mayor importancia para la generación de utilidades en una organización.

En su elaboración es necesario decidir los elementos a estudiar, posteriormente se recolecta la información sobre los datos suministrada por los libros contables que inciden en una visión global de manera fiable para ordenarlos de mayor a menor. Los datos que se obtienen corresponden al nivel de importancia, permitiendo calcular los porcentajes individuales y acumulado.

La utilidad del Pareto se basa en exponer la importancia de los factores que contribuyen en gran parte al caso de estudio, con el fin de identificar debilidades y fortalezas bien sea en la producción o comercialización de algún producto o en la prestación de un servicio. Focalizando los esfuerzos en las causas principales. [5]

La forma sobre cómo utilizar de manera adecuada los recursos se da por medio de la productividad, cuya medida establece si la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso de los recursos, que se traduciría en el desempeño que tiene una organización sobre sus operaciones y procesos. [8]

De una forma global la productividad se representa como

$$(2) \text{ Productividad} = \frac{\text{Salidas}}{\text{Entradas}}$$

Donde las salidas representan de una manera amplia las ventas y las entradas, todo lo referente al costo del producto, dentro de las cuales puede incluir la mano de obra, los insumos o materia prima, servicios y demás gastos.

Para obtener una productividad ideal, se necesita que la razón entre las salidas y las entradas sea lo más grande posible. Los beneficios de medir la productividad es que se realiza una medida relativa, una comparación de operaciones similares en el mismo sector. De esta manera, para realizar un análisis correcto sobre la productividad en una organización, es necesario realizar una productividad parcial, multifactorial y total. La productividad total se utiliza para describir la productividad de la organización entera. [7]

$$(3) \text{ Productividad} = \frac{\text{Salidas(Total de productos o ventas)}}{\text{Entradas(Todos los recursos utilizados)}}$$

La productividad multifactorial se utiliza si se desea expresar la razón entre un producto y todos los recursos utilizados

$$(4) \text{ Productividad} = \frac{\text{Salidas(Producto)}}{\text{Entradas(Trabajo + Capital + Material)}}$$

La productividad parcial si se desea conocer la razón entre el producto y un grupo de recursos como, por ejemplo

$$(5) \text{ Productividad} = \frac{\text{Salidas(Producto)}}{\text{Entradas(Capital)}}$$

$$(6) \text{ Productividad} = \frac{\text{Salidas(Producto)}}{\text{Entradas(Trabajo)}}$$

Para hallar el costo del combustible de gasolina corriente y Diesel se debe tener en cuenta la estructura de precios que ofrece el gobierno para un control en la comercialización de este recurso como se refleja en las Tablas 2 y 3. Allí se distribuyen los porcentajes para el ingreso al productor, el precio máximo de ventas de un distribuidor mayorista, el precio máximo de venta de planta de abasto, el precio de venta al público, tarifas y demás impuestos. En las tablas anteriormente mencionadas se aplica un estimado de cuanto le pertenece a cada uno de los componentes por año en la venta de una estación de servicio. Es estimado porque mensualmente el precio de venta por galón aumenta o disminuye, dependiendo las condiciones del mercado.

Total		
Gasolina Corriente		
COMPONENTES	COP	%
Ingreso al productor	\$ 4.205.484.918,96	50,80 %
Impuesto nacional	\$ 446.211.884,12	5,39%
IVA	\$ 706.157.211,79	8,53%
Impuesto al carbono	\$ 123.349.852,94	1,49%
Tarifa de marcación	\$ 7.450.662,26	0,09%
Tarifa de transporte poliductos	\$ 349.353.274,76	4,22%
Transporte biocombustibles	\$ 32.286.203,12	0,39%
Margen plan de continuidad	\$ 69.539.514,41	0,84%
Precio máximo de ventas a dist. Mayorista	\$ 5.939.833.522,35	71,75 %
Margen distribuidor mayorista	\$ 347.697.572,04	4,20%
IVA margen distribuidor mayorista	\$ 66.228.108,96	0,80%
Sobretasa	\$ 1.156.508.352,71	13,97%
Precio máximo de venta planta de abasto	\$ 7.510.267.556,06	90,72 %
Margen distribuidor minorista	\$ 684.633.076,37	8,27%

Pérdida por evaporación	\$ 28.146.946,31	0,34%
Transporte planta de abasto a estación de servicio	\$ 55.466.041,25	0,67%
Precio máximo de venta al público	\$ 8.278.513.620,00	100%

Tabla 2. Costo de la gasolina corriente anual estimado (Archivo Excel)

Total		
Combustible Diesel		
COMPONENTES	COP	%
Ingreso al productor	\$ 2.014.178.805,32	55,02%
Impuesto nacional	\$ 200.978.583,08	5,49%
IVA	\$ 328.740.924,60	8,98%
Impuesto al carbono	\$ 65.162.454,99	1,78%
Tarifa de marcación	\$ 3.660.812,08	0,10%
Tarifa de transporte poliductos	\$ 168.031.274,38	4,59%
Transporte biocombustibles	\$ 15.375.410,73	0,42%
Margen plan de continuidad	\$ 33.679.471,12	0,92%
Precio máximo de ventas a dist. Mayorista	\$ 2.829.807.736,29	80,8%
Margen distribuidor mayorista	\$ 169.129.518,00	4,62%
IVA margen distribuidor mayorista	\$ 32.215.146,29	0,88%
Sobretasa	\$ 128.128.422,73	3,50%
Precio máximo de venta planta de abasto	\$ 3.159.280.823,31	86,3%
Margen distribuidor minorista	\$ 332.767.817,89	9,09%
Pérdida por evaporación	\$ 27.090.009,38	0,74%
Transporte planta de abasto a estación de servicio	\$ 141.673.427,42	3,87%
Precio máximo de venta al público	\$ 3.660.812.078,00	100%

Tabla 3. Costo del combustible Diesel anual estimado (Archivo Excel)

Por otro lado, para calcular el costo mensual de mano de obra se realiza en base al S.M.M.L.V para los empleados isleros (11 empleados) y para los administrativos (6) su salario es de \$1.800.000, sin embargo, este salario es generado por el trabajo de tres empresas; por lo tanto, como no se tiene con exactitud cuál es el porcentaje de participación de la estación de servicio se realizó en este caso un prorrateo; seguidamente se realizó la suma de estos valores para así determinar el costo mensual de mano de obra.

En el caso de los servicios públicos también se realizó por prorrato por la razón ya antes mencionada, siendo el valor total de \$50.000.000 generando para la estación de servicio un valor mensual de \$16.666.667.

Posteriormente, para hallar cada uno de estos costos (mano de obra y servicios) para los productos representativos se llevó a cabo una distribución de acuerdo con el porcentaje de participación de cada producto en las ventas anuales (Diagrama de Pareto).

Número de empleados isleros	
11	\$ 14.411.123
Administrativos	6
1.800.000	\$ 3.600.000
Total	\$ 18.011.123

Servicios Públicos	\$ 16.666.667
---------------------------	---------------

Tabla 4. Costos mensuales de mano de obra y servicios públicos. (Archivo Excel)

III. RESULTADOS

Actualmente las empresas ven con gran necesidad realizar un análisis interno y externo en su organización para controlar y medir el desempeño de sus áreas y lo más importante el comportamiento de sus productos o servicios, logrando de esta forma, tener control de las entradas y salidas receiptadas y obtenidas por la empresa.

La estación de servicio, perteneciente al sector terciario, más específicamente en el sector de hidrocarburos líquidos, tiene la tarea de abastecer el suministro de carburante según la demanda y el deseo del cliente a sus vehículos automotrices, utilizando surtidores de combustibles y prestando un servicio de calidad.

De esta manera, busca que sus áreas incrementen el control y aumento de la operatividad para seguir ajustándose a la medición del tiempo y/o dinero trabajando por la reducción de su estructura de costos mientras se eleva paralelamente la eficiencia del servicio. [8]

A. Productos representativos

Como toda empresa, la estación de servicio tiene productos representativos, gasolina corriente y ACPM, que se reconocieron por medio de paretos, gracias a las ventas históricas mensuales del año 2018, estos representan el mayor porcentaje de contribución para la empresa a diferencia de los demás productos (gasolina extra, aceites, filtro y lubricantes).

A su vez, le permiten a la organización que el servicio se lleve a cabo, se establezca un tiempo de operación (recepción, almacenamiento, distribución, despacho, venta), exista relación y comparación en las ventas, se conozcan el precio estimado por galón de la empresa y el precio real que se cobra al consumidor, para que de esta forma se logre hallar la productividad de la estación por cada salida y entrada o simplemente de forma global.

Productos Representativos			
Producto	Ventas Anuales	%	% Acumulado
Corriente	\$ 8.278.513.620	67,06%	67,06%
Diesel (ACPM)	\$ 3.660.812.078	30,92%	97,98%
Aceites	\$ 198.410.593	1,63%	99,61%
Extra	\$ 40.666.106	0,33%	99,94%
Aditivos y Filtros	\$ 7.125.513	0,06%	100,00%
	\$ 12.185.527.910		

Tabla 5. Productos representativos (Archivo Excel)

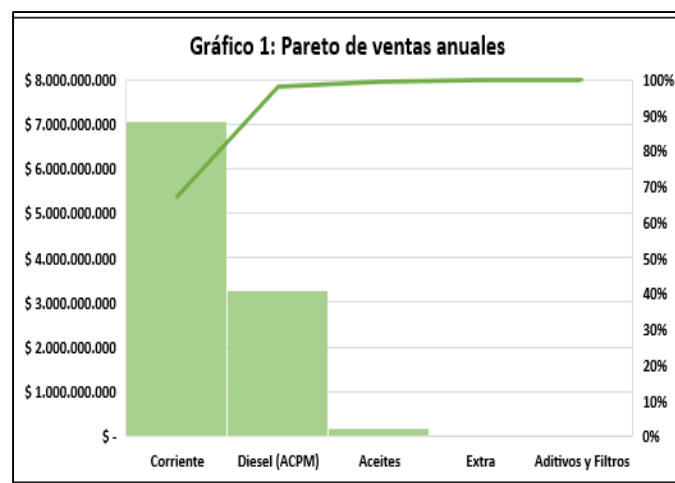


Figura 5. Pareto de ventas anuales (Archivo Excel)

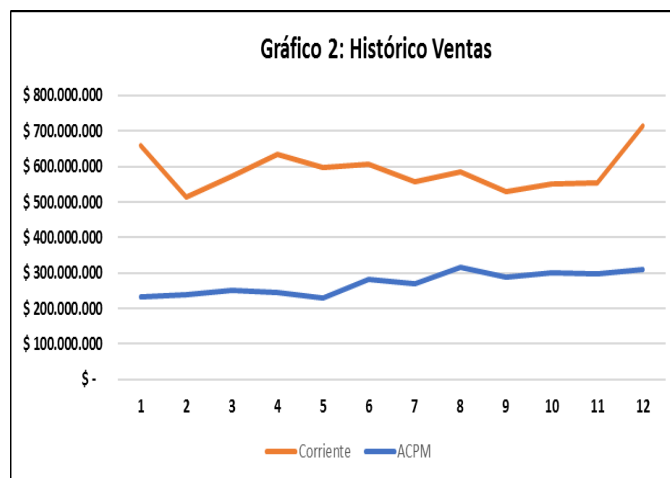


Figura 6. Histórico de ventas anuales (2018) de productos representativos (Archivo Excel)

B. Fichas técnicas de productos representativos

Conforme con el diagrama de Pareto de productos representativos se realizaron las respectivas fichas técnicas de estos, las cuales constan de una breve descripción del producto (Gasolina Corriente y ACPM) y calificadores importantes tales como el número de octano e índice de cetano para la gasolina

corriente y ACPM respectivamente, así mismo su presentación y uso en la industria.

Tabla 7. Ficha técnica del ACPM. (archivo Excel)

Ficha Técnica de Gasolina Corriente			
Descripción	Es un combustible proveniente de naftas obtenidas por procesos de destilación atmosférica, ruptura catalítica y otros. Las naftas son tratadas químicamente para eliminar compuestos azufrados indeseables, tales como sulfuros y mercaptanos causantes de la corrosión.		
Calificadores			
Calificador	Descripción	Rango	Unidad
Número Octano	Mide el poder de resistencia a la detonación de la gasolina. Cuanto más elevado sea mayor puede ser la relación de compresión, lo que ofrece ventajas en consumo específico y rendimiento.	82-94	RON (Research Octana Number)
Presentación	Es la forma (refiriéndose a la cantidad) como se encuentra el producto en el mercado.	1 Galón	Galón
Uso	Es el destino que se le da al producto.	Usado en motores de combustión interna de baja y alta relación de compresión, en estufas domésticas y como materia prima para la fabricación de disolventes asfálticos.	

Tabla 6. Ficha técnica de la gasolina corriente. (Archivo Excel)

Ficha Técnica de Diesel (ACPM)			
Descripción	Es un destilado medio obtenido en la destilación atmosférica del petróleo crudo.		
Calificadores			
Calificador	Descripción	Rango	Unidad
Índice de Cetano	Mide la calidad de ignición (conjunto de condiciones físicas (presión, temperatura, etc.) necesarias para que la sustancia empiece a arder al acercarse a una fuente de calor).	Mínimo a 45	
Presentación	Es la forma (refiriéndose a la cantidad) como se encuentra el producto en el mercado.	1 Galón	Galón
Uso	Es el destino que se le da al producto.	Está diseñado para ser usado como combustible en vehículos con motores diesel para generar energía mecánica y eléctrica y en quemadores de hornos, secadores y calderas.	

C. Diagrama de proceso operativo

Para el análisis del estudio del trabajo en esta empresa, se ha descrito, identificado y estudiado el proceso operativo de la estación paso a paso por medio de un diagrama flujo con el fin de medir los tiempos y procesos que generan ventaja o desventaja en los costos. Proceso que comienza desde la orden de compra del hidrocarburo líquido a Terpel y finaliza con la retirada del cliente del surtidor o isla donde lo haya sido atendido.

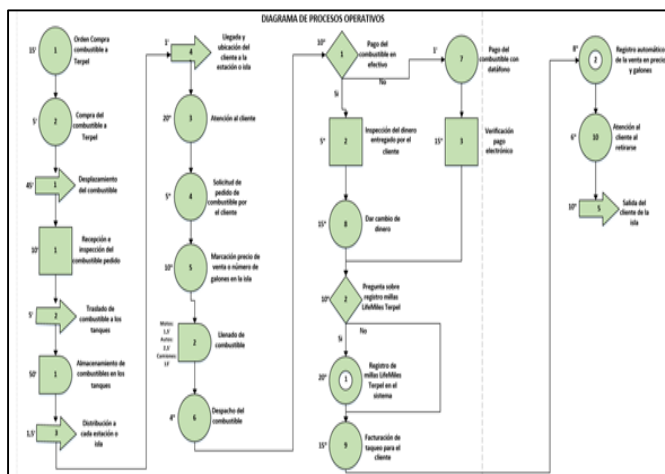


Figura 7. Diagrama de procesos operativos en la estación de servicio. (Elaborado en visio 2010 microsoft)

Las siguientes etapas descritas corresponden al proceso operativo de la estación de servicio que se describió en el anterior diagrama:

1. Orden de compra a Terpel
2. Compra del combustible a Terpel
3. Desplazamiento del combustible
4. Recepción e inspección del combustible pedido
5. Traslado de combustible a los tanques
6. Almacenamiento de combustibles en los tanques
7. Distribución a cada estación o isla
8. Llegada y ubicación del cliente a la estación o isla
9. Atención al cliente, ya sea camión, camioneta, vehículo y/o motocicleta
10. Solicitud de pedido de combustible por el cliente
11. Marcación precio de venta o número de galones en la isla
12. Espera del tanqueo o llenado de combustible
13. Despacho del combustible
14. Pago e inspección del dinero entregado al islero y devuelto al cliente
15. Registro millas LifeMiles Terpel en el sistema
16. Facturación del taqueo para el cliente
17. Registro automático de la venta en precio y galones
18. Atención al cliente a la hora de retirarse
19. Salida del cliente de la isla

D. Índices de productividad

Con los datos obtenidos de las entradas, salidas, costos y tiempos, se hallan las productividades a través de las debidas de operaciones, tanto la global o total como las multifactoriales o parciales, ya sean mensuales o anual. Donde la global corresponde al total de ventas (salidas) en relación con la sumatoria de servicios públicos, mano de obra y costo de los productos (entradas); las multifactoriales corresponden a las ventas de cada producto (salidas) en relación con la sumatoria de servicios públicos, mano de obra y costo de los productos (entradas) por separado, es decir, una productividad para ACPM y otra para gasolina corriente.

En primera instancia, al obtener los cocientes de las productividades, se identifica la productividad total mensual, demostrando que durante todo el año existe el mes de mayor (diciembre) y menor productividad (febrero). Así mismo, se presenta la productividad anual de la estación de servicio conforme a los productos representativos de la empresa; realizando comparación entre las dos productividades presentadas se observa que la productividad del mes de diciembre (mes más productivo) es inferior a la productividad anual de la estación de servicio (Ver tabla 8 y 9).

MES	Productividad Total
DICIEMBRE	1,061389541
AGOSTO	1,057561205
NOVIEMBRE	1,056074439
OCTUBRE	1,055735144
JULIO	1,054689767
SEPTIEMBRE	1,053842762
JUNIO	1,053270741
ABRIL	1,051764398
ENERO	1,051704348
MARZO	1,049511306
MAYO	1,049462284
FEBRERO	1,045942396

Tabla 8. Productividad Total mensual. (Archivo de Excel)

Productividad Total	1,0659
Entradas	11.939.325.698
Precio de venta	11.939.325.698
Salidas	11.201.522.097
Costo del producto	10.793.796.381
Mano de obra	211.766.611
Servicios Públicos	195.959.105

Tabla 9. Productividad Total Anual. (Archivo de Excel)

Adicionalmente, en las siguientes tablas (Tablas 10,11,12 y 13) se presentan las productividades multifactoriales mensuales y anuales de los dos productos representativos. Para el caso de

la gasolina corriente, el mes más y menos productivo es diciembre y febrero respectivamente, así mismo se observa que los meses de octubre, noviembre, julio, enero, agosto y diciembre tienen productividades por encima de la productividad anual de la gasolina corriente, esto se debe a que en estos meses se obtienen mayores ventas del producto. Por su parte, para el ACPM el mes menos productivo es enero y el que tiene mayor productividad es agosto, sin embargo, éste se encuentra por debajo de la productividad anual del ACPM.

Por último, se tiene que el producto representativo con mayor productividad es el ACPM puesto que contiene menores costos del producto, mano de obra y servicios públicos gracias a su porcentaje de participación.

MES	Productividad Gasolina Corriente
DICIEMBRE	1,060094449
AGOSTO	1,053657368
ENERO	1,05254808
JULIO	1,052348141
NOVIEMBRE	1,052245748
OCTUBRE	1,051781562
ABRIL	1,051142437
JUNIO	1,050050569
SEPTIEMBRE	1,049756235
MAYO	1,048965667
MARZO	1,047464905
FEBRERO	1,0433838

Tabla 10. Productividad mensual de la gasolina corriente. (Archivo Excel)

Productividad Gasolina Corriente (Anual)	1,051513761
Ventas	\$ 8.278.513.620
Costo del producto	\$ 7.593.880.544
Mano de obra	\$ 144.943.669
Servicios Públicos	\$ 134.124.220

Tabla 11. Productividad anual de la gasolina corriente. (Archivo Excel)

MES	Productividad Diesel
AGOSTO	1,065492816
DICIEMBRE	1,064661293
NOVIEMBRE	1,063907825
OCTUBRE	1,063759136
SEPTIEMBRE	1,062084853
JUNIO	1,060147538
JULIO	1,060012292
MARZO	1,054226879

ABRIL	1,053362327
FEBRERO	1,051629259
MAYO	1,050738751
ENERO	1,049257672

Tabla 12. Productividad mensual del ACPM. (Archivo Excel)

Productividad Diesel (Anual)	1,099814049
Ventas	\$ 3.660.812.078
Costo	\$ 3.199.915.837
Mano de obra	\$ 66.822.942
Servicios	\$ 61.834.884

Tabla 13. Productividad anual Diesel. (Archivo Excel)

En las tablas 14 y 15 se muestran las productividades parciales (Costo del producto, mano de obra y servicios públicos) mensuales de la gasolina corriente y del ACPM. Se puede apreciar que la productividad referente al costo del producto generó un resultado igual en todos los meses tanto en el ACPM como en la gasolina corriente, esto se debe a que el costo del producto depende de las ventas de cada producto; en el caso de la mano de obra y servicios públicos para todos los meses es igual (sin embargo para cada producto es diferente puesto que tienen diferentes porcentajes de participación) haciendo así que las ventas sean el factor decisivo para que las productividades sean diferentes entre los meses. Por lo tanto, los meses más productivos son diciembre (gasolina corriente) y agosto (ACPM) y los meses con productividades más bajas son febrero (gasolina corriente) y enero (ACPM), esto se da para los parciales de mano de obra y de servicios.

Productividad Parcial Gasolina Corriente			
MES	Venta/Costo	Venta/Mano de obra	Venta/Servicios
ENERO	1,090155892	58,74394306	63,48266272
FEBRERO	1,090155892	46,82270674	50,59977157
MARZO	1,090155892	51,49943998	55,6537646
ABRIL	1,090155892	56,55179253	61,11367717
MAYO	1,090155892	53,45229186	57,76414791
JUNIO	1,090155892	54,95502655	59,38810427
JULIO	1,090155892	58,42218735	63,13495183
AGOSTO	1,090155892	60,59312166	65,48100971
SEPTIEMBRE	1,090155892	54,53935555	58,93890218
OCTUBRE	1,090155892	57,52862187	62,16930476
NOVIEMBRE	1,090155892	58,25872391	62,95830221
DICIEMBRE	1,090155892	74,01742185	79,98821295

Tabla 14. Productividades parciales mensuales de la gasolina corriente. (Archivo Excel)

Productividad Parcial Diesel			
MES	Venta/Costo	Venta/Mano de obra	Venta/Servicios
ENERO	1,144033863	43,80310335	47,3365847
FEBRERO	1,144033863	46,05509207	49,77023544
MARZO	1,144033863	48,78955976	52,72528546
ABRIL	1,144033863	47,84563341	51,70521504
MAYO	1,144033863	45,18406224	48,82894192
JUNIO	1,144033863	56,35468198	60,90066622
JULIO	1,144033863	56,15686147	60,68688806
AGOSTO	1,144033863	65,41516301	70,69203248
SEPTIEMBRE	1,144033863	59,34326568	64,13033113
OCTUBRE	1,144033863	62,18355714	67,19974145
NOVIEMBRE	1,144033863	62,44854003	67,4860998
DICIEMBRE	1,144033863	63,8256096	68,97425396

Tabla 15. Productividades parciales mensuales del ACPM. (Archivo Excel)

IV. PROBLEMÁTICAS Y PLANTEAMIENTO DE MEJORAMIENTO

- Se encontró que no hay una distribución eficiente en el personal administrativo porque dentro de la estación de servicio ejercen actividades tres empresas. Disminuyendo la rapidez en que pueden desarrollar una actividad. Se plantea distribuir mejor las áreas de trabajo, haciendo las actividades completas para saber con exactitud la productividad referente a la mano de obra en la empresa, controlando además una sobrecarga que pueda presentar un trabajador.
- Se observó una leve pérdida de productividad en la venta de combustible por el tiempo de ocio que generaban los isleros, demorando la prestación de servicio al consumidor. Para mejorar esta falencia se sugiere crear espacios controlados de pausas activas.
- La baja participación de la gasolina extra se debe a un alto precio que no está al alcance de todo consumidor, aun sabiendo que la calidad de este combustible ayuda al buen funcionamiento del automotor.

V. CONCLUSIONES

Mediante el análisis realizado sobre el estudio del trabajo en una estación de servicio con la ayuda de histórico de ventas, diagrama de Pareto (determinación de productos representativos de la empresa con porcentaje acumulado de participación de 97,98%), fichas técnicas de productos representativos (ACPM- Gasolina Corriente), diagrama de procesos en la prestación del servicio y productividades totales, parciales y multifactoriales; a través de las cuales, en primera instancia, se realizó comparación entre las productividades anuales de la gasolina corriente y el ACPM con valores de 1,051 y 1,059 respectivamente observándose que de los productos representativos de la empresa el ACPM es el más productivo puesto que su productividad es mayor. Además, la

productividad del ACPM se encuentra por encima de la productividad anual de la empresa.

Seguidamente, comparando las productividades mensuales de la gasolina corriente el mes más y menos productivo son diciembre (1,060) y febrero (1,04) respectivamente; en el caso del ACPM el mes más productivo es agosto con un valor de 1,065 y el menos productivo es enero con valor de 1,049, se logró inferir que el estudio del trabajo es de vital importancia en una empresa puesto que presenta resultados para toma de decisiones con el fin de mejorar procesos y procedimientos, disposición del lugar de trabajo, utilización de materiales, máquinas y mano de obra; creando así mejores condiciones de trabajo para obtener una mayor productividad puesto que ésta indica si la empresa utiliza bien sus recursos (factores de producción), es decir, midiendo la productividad se logra conocer su desempeño.

VI. REFERENCIAS

- [1] GREG, “Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG - Historia en Colombia,” 2015. [Online]. Available: <http://www.creg.gov.co/index.php/es/sectores/2015-02-04-20-43-06/historia-combustibles>. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [2] ANH, “Historia.” [Online]. Available: <http://www.anh.gov.co/la-anh/Paginas/historia.aspx>. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [3] C. A. Gutiérrez Barrera and A. F. Londoño Botero, “¿Cuál es la importancia del sector de Combustibles en Colombia?,” *Grupo Bancolombia*, 2016. [Online]. Available: <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/actualidad-economica-sectorial/cual-es-la-importancia-del-sector-combustibles-en-colombia>. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [4] D. O. Empresas, E. L. Diagrama, and D. E. Pareto, “Página 1 de 6 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES "GESTIÓN DE LA CALIDAD, LA SEGURIDAD Y EL MEDIO AMBIENTE" (4º ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL),” Vigo.
- [5] Salva Bravo Nebot, “Mayor control, operatividad y eficiencia - Estaciones de Servicio,” 2017. [Online]. Available: <https://www.interempresas.net/Estaciones-servicio/Articulos/197403-Mayor-control-operatividad-y-eficiencia.html>. [Accessed: 03-Mar-2019].
- [6] B. w. Niebel y A. Freivalds, *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*, Alfaomega,

2004.

- [7] R. B. Chase , F. R. Jacobs y N. J. Aquilano, *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Producción y cadena de suministros*, Duodécima ed., México: Mc Graw Hill Educación, 2009.
- [8] Kanawaty, George;, *Introducción al estudio del Trabajo*, Ginebra: Oficina editorial del Trabajo, 1996.

VII. AUTORES



Arciniegas, Silvia. Nació el 4 de mayo de 1999, en Bucaramanga, Colombia. Se graduó como bachiller en el Instituto Santa Teresita y actualmente se encuentra cursando la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana.



Ramírez, Marlon. Nació el 24 de agosto de 1998, en Bucaramanga, Colombia. Se graduó como bachiller en el colegio Agustiniiano de Floridablanca y actualmente se encuentra cursando la carrera de ingeniería industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana.



Muñoz, María. Nació el 12 de Julio de 1999, en Barichara, Colombia. Se graduó como bachiller en el “Instituto Técnico Aquileo Parra” y actualmente se encuentra cursando la carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Pontificia Bolivariana.



Nuñez, Jairo. Colombiano. Se graduó en la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga como ingeniero industrial en el 2006. Realizó una maestría de ingeniería avanzada de producción, logística y cadena de suministro en la Universidad Politécnica de Valencia entre los años 2009 y 2014. Cursa un doctorado en ingeniería y producción industrial en la Universidad Politécnica de Valencia en el año 2016.

EVALUACIÓN DEL MUCÍLAGO DE LA SEMILLA DE *TAMARINDUS INDICA* L. COMO COAGULANTE EN EL TRATAMIENTO DE AGUA DEL RÍO MAGDALENA

2

Luz A. Téllez, Yhitzak S. Vásquez, Gisel A. Oviedo, Instituto Universitario de la Paz, Escuela de Ingeniería de Producción – Grupo de Investigación GREIP

Resumen—El proceso de potabilización consiste en una serie de etapas en las que se remueven gases, impurezas y microorganismos del agua, haciéndola apta para su consumo. En la etapa de clarificación se agrega un agente coagulante que aglomera y sedimenta las partículas suspendidas. El $Al_2(SO_4)_3$ (del alumbre) es el coagulante más usado por su eficiencia, disminuyendo hasta en un 99% la turbidez y los microorganismos del agua. Sin embargo, los residuos de aluminio en el agua afectan la salud de los consumidores y los lodos de desecho dañan el ambiente. En ese sentido, el propósito de esta investigación es evaluar un coagulante de origen vegetal, más específicamente el mucílago de la semilla del tamarindo (*Tamarindus indica* L.), ya que es biodegradable y no es tóxico. El mucílago se evaluó solo y en mezcla con alumbre en la disminución de la turbidez de agua del río Magdalena, mediante prueba de jarras. La turbidez se midió con un nefelómetro y se tomó al alumbre como referencia. Los coagulantes con mayor clarificación se evaluaron en muestras de agua del río con pH alcalino y ácido. Los resultados mostraron que el mucílago de la semilla de tamarindo podría ser viable como coagulante primario si se usa en concentraciones y pH controlados, ya que no alcanzó los criterios de la norma colombiana. Mientras que el mucílago en mezcla con alumbre logró igualar la eficiencia del este último en medio básico (pH 9), por lo cual sería viable su uso si se encontraran las condiciones que le permitan a la mezcla superar al alumbre solo.

Índice de términos—Clarificación, coagulación, filtración, floculación, sedimentación, sulfato de aluminio, *Tamarindus indica* L., unidades nefelométricas de turbidez (UNT).

I. INTRODUCCIÓN

EL crecimiento demográfico acelerado en el país es uno de los factores coadyuvantes del problema de escasez de agua potable [1]. En Colombia el problema se agudiza debido a que el 80% de sus habitantes viven en las cuencas de un solo río, el Magdalena [2]. Así, cuanto más grande es la población, mayor es la generación de efluentes y mayor la demanda de agua para consumo humano. Por lo cual deben potabilizarse

cada vez mayores volúmenes de agua, que en gran parte provienen de fuentes hídricas conectadas con el río [3].

El proceso de potabilización consiste en someter al líquido a procesos de aireación, clarificación (coagulación, floculación, sedimentación y filtración) y desinfección. De tal manera que se disminuyan gases, partículas suspendidas y microorganismos, por debajo de los límites exigidos por las normas nacionales [4]. En la etapa de clarificación se busca disminuir la turbidez del agua por debajo de 2 UNT (de acuerdo con la norma colombiana para agua potable) [5], usando sustancias coagulantes para provocar la agregación de las partículas suspendidas, que posteriormente se sedimentan, facilitando su remoción.

Los coagulantes son, por lo general, sales de algunos metales como Fe y Al [6]. El coagulante más usado es el $Al_2(SO_4)_3$ por ser más eficiente y reducir la turbidez hasta en un 99% [7]. Sin embargo, los residuos de esta sal, que quedan en el agua, pueden afectar la salud de los consumidores a largo plazo. El consumo de agua con residuos de alumbre ha sido relacionado con la aparición de ciertos tipos de cáncer, Alzheimer y enfermedades óseas [8]. Además, el contenido de este químico en los lodos formados por la acumulación de sedimentos, puede impactar negativamente al medio ambiente si no se disponen de la manera correcta [9].

Por lo anterior, surge el interés de buscar alternativas de coagulantes, cuyo consumo no represente un riesgo a la salud y minimicen el daño que su disposición le puedan causar a la naturaleza. Una de las alternativas que se ha propuesto es el uso del mucílago de algunas plantas, ya que está compuesto por proteínas que al contacto con el agua forman una fase coloidal [10], [11], [12]. Durante la formación del hidocoloide, y con ayuda de la agitación, las partículas suspendidas se aglomeran y sedimentan [13], [12]. El mucílago extraído de algunas plantas de las familias *Cactaceae* y *Moringaceae* ya se ha evaluado en la clarificación de aguas turbias, obteniendo resultados prometedores. Sin embargo, ninguna superó los resultados obtenidos con alumbre [14], [15]. Por lo anterior,

Fecha de sometimiento del resumen: 6 de Agosto de 2018.

Este trabajo recibió apoyo en su fase experimental de la planta Termobarranca (Electrificadora de Santander S.A. E.S.P., Barrancabermeja, Stder, Colombia).

L. A. Téllez está con el Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad (GREIP), Instituto Universitario de La Paz, Barrancabermeja, Stder, Colombia. (e-mail: luz.tellez@unipaz.edu.co).

Y. S. Vásquez estaba con la Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Stder, Colombia. Él está ahora con el Grupo de Investigación en Reingeniería, Innovación y Productividad (GREIP), Instituto Universitario de La Paz, Barrancabermeja, Stder, Colombia. (e-mail: yhitzak.vasquez@unipaz.edu.co).

G. A. Oviedo está con el Instituto Universitario de La Paz, Barrancabermeja, Stder, Colombia. (e-mail: gisel.oviedo@unipaz.edu.co).

esta investigación evaluó el mucílago extraído de una planta de una familia taxonómica diferente, más específicamente del cotiledón de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica L.* de la familia *Fabaceae*), en la clarificación de muestras de agua del río Magdalena. La selección de la semilla se hizo porque contiene un 18% de proteínas, en su mayoría ácido glutámico y aspártico, conocidos por su capacidad coagulante [13]. Los resultados obtenidos se compararon con los del alumbre como referencia y con los de una mezcla del mucílago y alumbre.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se desarrolló en el Instituto Universitario de la Paz y su fase experimental se realizó en parte en el laboratorio de una de las plantas de la empresa Electricadora de Santander S.A. E.S.P., Barrancabermeja. El tamarindo fue suministrado por un distribuidor local y sus semillas fueron extraídas manualmente. El tegumento de la semilla se fracturó cuidadosamente, se sumergió en agua para su hidratación durante 5 a 7 días y se retiró la cubierta hidratada del cotiledón blanco. Después de dejar secar al ambiente, el cotiledón se pulverizó en un procesador de alimentos doméstico. El mucílago se extrajo de 5g y 7g de polvo de cotiledón de la semilla de tamarindo mediante un proceso de cocción a 65°C con 100 cm³ agua destilada, para preparar muestras al 5% y 7% p/v, respectivamente. El producto de la cocción se separó en dos fases de las cuales se usó la fase acuosa sobrenadante o solución de mucílago. Se prepararon soluciones al 1% y 3% p/v con alumbre suministrado por Productos Drogam S.A.S. Además, se prepararon dos mezclas: una de baja concentración con 5g de cotiledón y 1g de alumbre; y otra de alta concentración con 7g de cotiledón y 3g de alumbre. Los coagulantes se evaluaron en la disminución de turbidez de muestras de agua del río Magdalena con medidas de 776 UNT y 319 UNT, en un equipo de jarras Test Digital con una agitación de 100 rpm. Las soluciones de cada coagulante preparado se dosificaron en el agua turbia en volúmenes de 1 cm³, 2 cm³, 3 cm³, 4 cm³ y 5 cm³. Las turbideces se midieron al inicio y al final de cada experimento con un nefelómetro HACH 2100N. Finalmente, los coagulantes con mayor capacidad de clarificación se evaluaron en muestras de agua del río con pH controlado en 9 (alcalino) y en 4 (ácido), usando un pH-metro SCHOTT SI ANALITYC. Esto, con el fin de analizar el comportamiento coagulante del mucílago en condiciones de pH variable.

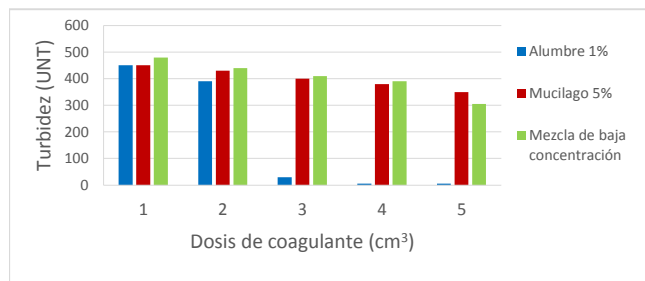
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Evaluación de coagulantes en agua con turbidez alta

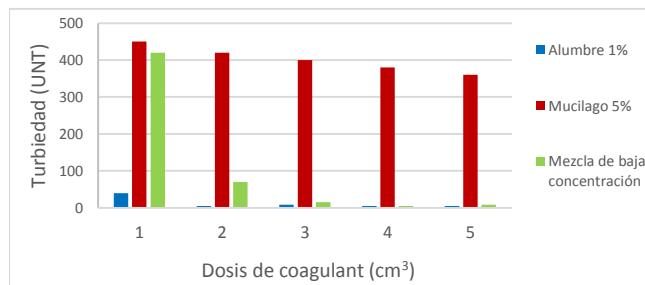
Los resultados de la evaluación de los coagulantes a bajas y altas concentraciones en agua con alta turbidez (776 UNT) se muestran en la Fig. 1.

Se observó que el mucílago 5% no disminuyó la turbidez tanto como el alumbre cuando se aplicó en dosis mayores a 1 cm³. En ese sentido, puede inferirse que la concentración del mucílago no fue suficiente para aglomerar altas cantidades de sólidos suspendidos o que las condiciones de pH están afectando la eficiencia del coagulante, teniendo en cuenta que cada uno en particular alcanza su óptimo en rangos específicos

a) Coagulantes en baja concentración



b) Coagulante en alta concentración



de acidez o de alcalinidad. Por otra parte, la mezcla mucílago-alúmina en bajas concentraciones fue menos eficaz que las sustancias por separado, aunque su comportamiento tuvo mayor similitud con la del mucílago. Incluso, podría afirmarse que el coagulante vegetal inhibió la capacidad que tiene la alúmina de aglomerar los suspendidos. Esto podría deberse a que el hidrocoloide formado encapsulara los iones del alumbre antes de que este pudiera llevar a cabo la coagulación.

Con respecto a las soluciones más concentradas, se apreció que el comportamiento del mucílago fue similar que a baja concentración; sin embargo, con el aumento en la dosis se estaba llegando al máximo de la capacidad coagulante. Mientras que la mezcla arrojó resultados similares a los de la alúmina cuando se aplicó en dosis mayores a 2 cm³. Lo cual demostró que, a altas concentraciones, el alumbre pudo cumplir su función, aun cuando el mucílago estuvo presente. Sin embargo, quedó demostrado que mezclar los coagulantes no necesariamente mejora los resultados al tratar agua con alta turbidez a las condiciones de experimentación en esta etapa de la investigación.

B. Evaluación de coagulantes en agua con turbidez baja

Los resultados de la evaluación de los coagulantes en bajas y altas concentraciones en agua con baja turbidez (319 UNT) se muestran en la Fig. 2.

Se observó que el mucílago 5% no disminuyó la turbidez tanto como el alumbre y la mezcla. Incluso, la proporción de clarificación fue menor que en aguas con alta concentración de partículas suspendidas. Este comportamiento pudo deberse a las variaciones de pH. Por otra parte, la mezcla a bajas concentraciones presentó un comportamiento ligeramente más coagulante que el mucílago solo. Sin embargo, siguió siendo

muy diferente al alumbre, aun cuando tenía la misma cantidad de esta sustancia. En este caso, el posible efecto inhibitor del hidrocoloide sobre el $Al_2(SO_4)_3$ se siguió presentando.

Con respecto a las soluciones más concentradas, el mucílago 7% no presentó cambios significativos con el aumento en la dosificación, es decir, que este coagulante pudo haber alcanzado su límite de saturación a las condiciones de trabajo. Sin embargo, la disminución de la turbidez fue menor que con el mucílago 5%, lo cual quiere decir que al 7% el

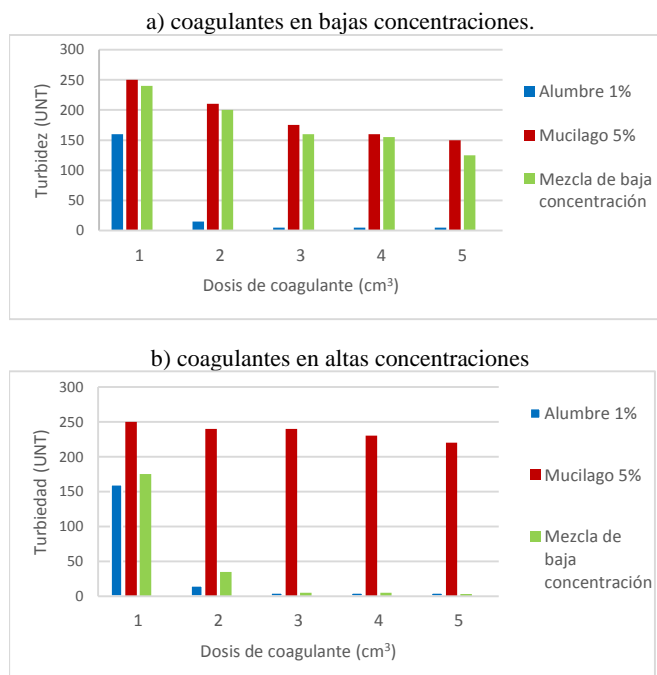


Fig. 2. Resultados de turbidez final del agua clarificada en función de la dosis de cada solución coagulante usada. La turbidez inicial fue de 319 UNT.

Coagulante vegetal ya había superado el límite de saturación y estaba generando partículas suspendidas por sí mismo. Por otra parte, la mezcla de alta concentración logró simular el comportamiento del alumbre, con excepción de la dosis de 2 cm³. Pero no se logró el objetivo de superar la eficiencia del coagulante químico.

C. Evaluación de coagulantes en agua con turbidez alta y con ajuste de pH

Los coagulantes seleccionados para las evaluaciones con pH controlado, en agua con alta turbidez (776 UNT) fueron: mucílago 5% y mezcla de alta concentración. Los resultados de la evaluación de estos coagulantes se muestran en la Fig. 3.

Se observó que el mucílago 5% en medio básico (pH 9) presentó mayor eficiencia en la clarificación del agua que en medio ácido (pH 4). Aunque esta tendencia fue similar para el alumbre 1%, el mucílago sigue siendo menos eficiente. Sin embargo, su capacidad de coagular los suspendidos mejoró en un 45% en medio básico en comparación con el experimento sin ajuste de pH, por lo cual se verifica que la acidez de las muestras del río Magdalena estaba afectando la eficiencia del mucílago. Por otra parte, la mezcla de alta concentración mostró mejores resultados en medio ácido, alcanzando incluso la

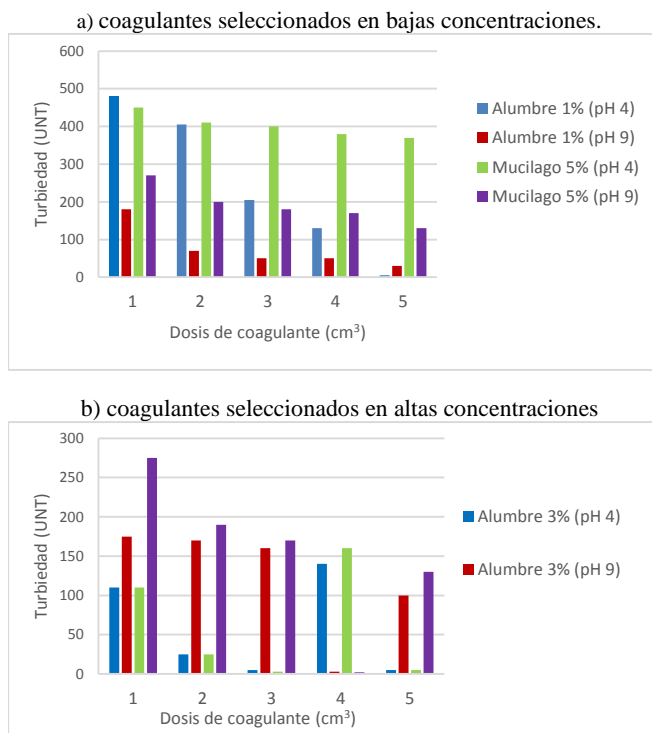


Fig. 3. Resultados de turbidez final del agua clarificada en función de la dosis de cada solución coagulante usada. La turbidez inicial fue de 776 UNT y el pH se ajustó en 4 y 9 según el experimento.

misma eficiencia del alumbre 3% también en medio ácido. Este comportamiento del alumbre es interesante, ya que deja ver que en altas concentraciones arroja mejores resultados en medio ácido, mientras que en bajas concentraciones es mejor en medio básico.

D. Evaluación de coagulantes en agua con turbidez baja y con ajuste de pH

Los coagulantes seleccionados para las evaluaciones con pH controlado, en agua con baja turbidez (319 UNT) fueron: mucílago 5% y mezcla de alta concentración. Los resultados de la evaluación de estos coagulantes se muestran en la Fig. 4. Se observó que el mucílago 5% presentó mayor eficiencia en medio básico que en ácido, en muestras de agua con bajas concentraciones de partículas suspendidas, manteniendo la misma proporción de disminución de turbidez que con muestras con alto contenido de suspendidos.

Sin embargo, no se logró alcanzar los resultados obtenidos con alumbre 1%. Con respecto a la mezcla de alta concentración, de nuevo se pudo igualar el comportamiento del alumbre 3% en medio básico, pero no se pudo superar su eficiencia. En la Fig. 4 también se puede observar como en medio ácido, la tendencia del alumbre describe una curva con mínimo en la dosis de 3 cm³, tanto para baja como para alta concentración del coagulante. Este valor mínimo no alcanza a ser 2 UNT, que es el exigido por la norma colombiana, por lo que se puede inferir que, a bajas concentraciones de sólidos suspendidos, muestras de agua con acidez alta disminuirán la eficiencia del alumbre en la clarificación de agua.

También autores como Gurdían [16] y Ramírez [17], que emplearon la semilla de tamarindo como agentes coagulantes,

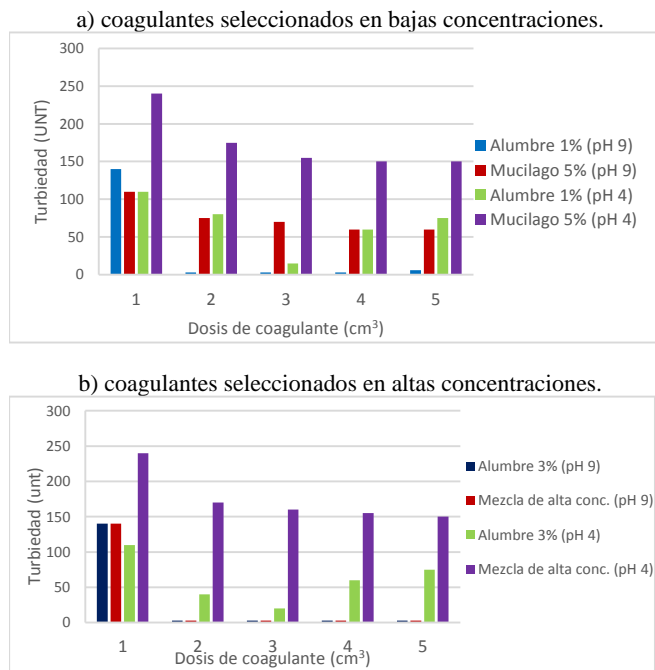


Fig. 4. Resultados de turbidez final del agua clarificada en función de la dosis de cada solución coagulante usada. La turbidez inicial fue de 319 UNT y el pH se ajustó en 4 y 9 según el experimento.

Obtuvieron buen desempeño de remoción en agua turbias y con un pH de 5.58.

IV. CONCLUSIÓN

El mucílago de la semilla del tamarindo se evaluó en la clarificación de agua, bajo diversas condiciones de concentración de sólidos suspendidos y pH del medio; sin embargo, no se logró alcanzar la eficiencia del coagulante comercial más usado. Incluso, cuando se usó en mezcla con alumbre solo pudo acercarse a su comportamiento cuando se controló el pH del agua que se clarificó. Sin embargo, si se logró conocer mejor el comportamiento del mucílago extraído, el cual puede seguir estudiándose dado que tiene mucho potencial como coagulante. En ese sentido, se recomienda estudiar más el proceso de extracción del mucílago del cotiledón, para poder separar los compuestos útiles en el proceso de clarificación, del contenido residual; ya que podrían estar incrementando la turbidez por sí mismos. Además, es necesario la continuación de este estudio, en cuanto a la evaluación del mucílago en muestras de agua con menor turbidez y con más puntos de pH.

AGRADECIMIENTOS

L. A. Téllez agradece a la ingeniera Julieth Luna Blanquizez y al tecnólogo Oscar Javier Rivera Tapias por su arduo trabajo en la fase experimental de esta investigación

REFERENCES

[1] C. Escobar, C. Soto-Salazar, and M. Inés Toral, "Optimization of the electrocoagulation process for the removal of copper, lead and cadmium in natural waters and simulated wastewater," *J. Environ. Manage.*, vol. 81, no. 4, pp. 384–391, 2006.

[2] "El Río Magdalena: Escenario primordial de la patria | La Red Cultural del Banco de la República." [Online]. Available: <http://www.banrepultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-282/el-rio-magdalena-escenario-primordial-de-la-patria>. [Accessed: 08-Aug-2018].

[3] "Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios Barranquilla Octubre 18 de 2013 RÍO MAGDALENA."

[4] D. Martínez, M. Chávez, A. Díaz, ... E. C.-R. T. de, and undefined 2003, "Eficiencia del Cactus lefaria para su uso como coagulante en la clarificación de aguas," *scielo.org.ve*.

[5] "full-text."

[6] W. A. Lozano-Rivas and G. Lozano Bravo, *Potabilización del agua : principios de diseño, control de procesos y laboratorio.*

[7] S. M. Miller, E. J. Fugate, V. O. Craver, J. A. Smith, and J. B. Zimmerman, "Toward Understanding the Efficacy and Mechanism of *Opuntia* spp. as a Natural Coagulant for Potential Application in Water Treatment," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 42, no. 12, pp. 4274–4279, Jun. 2008.

[8] R. Gurdíán-López, J. C.-C.-R. T. en, and undefined 2011, "Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindo (*Tamarindus indica*) en la coagulación-floculación de aguas residuales," *revistas.tec.ac.cr*.

[9] R. Verbel, ... I. M.-P., and undefined 2013, "Remoción de la turbidez del agua del río Magdalena usando el mucílago del nopal *Opuntia ficus-indica*," *repository.lasallista.edu.co*.

[10] R. Verbe, ... Y. M.-A., and undefined 2014, "Utilización de Tuna (*opuntia ficus-indica*) como coagulante natural en la clarificación de aguas crudas," *revistas.unilibre.edu.co*.

[11] R. J. Mozombite, "Capacidad Del Mucilago De La Tuna Como Coagulante Para Remover Contaminantes Físicos, Químicos Y Microbiológicos En Aguas Crudas, Rio Huarmey, 2016," 2016.

[12] D. Estado *et al.*, "UNIVERSIDAD AUTÓNOMA "ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES EMULSIONANTES DEL Que para obtener el título de: INGENIERO QUÍMICO Presenta."

[13] L. Fuentes, I. Mendoza, ... A. L.-R. T. de, and undefined 2011, "Efectividad de un coagulante extraído de *Stenocereus griseus* (Haw.) Buxb. en la potabilización del agua," *scielo.org.ve*.

[14] T. Pichler, K. Young, N. A.-W. S. and Technology, and undefined 2012, "Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus," *iwaponline.com*.

[15] B. Babu., Removal of Cr(VI) from wastewater using activated Tamarind sedes as an adsorbent [La eliminación de Cr (VI) a del agua residual, usando activos de semillas de tamarindo como adsorbente], Galgotias University, En: *Journal Of Environmental Engineering and Science* · JULY 2008 Impact Factor: 0.94 · DOI: 10.1139/S08-025

[16] R. Gurdíán y J. Cot. Estudio preliminar del uso de la semilla de tamarindc (*Tamarindus indica*) en a la

coagulación - floculación de aguas residuales.

- [17] H. Ramírez y J. Jaramillo. Agentes Naturales como alternativa para el tratamiento del agua. Julio 2015. Universidad Militar Nueva Granada.

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA EQUIPOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN HIDRÁULICAS DEL ACUEDUCTO DEL CORREGIMIENTO EL CENTRO ECOPETROL – CORPACENTRO

Jair Nelson Isaza Pérez. Julián Camilo Gómez Guarín

Escuela de Ingeniería de Producción

Instituto Universitario de la Paz

Barrancabermeja, Colombia

Jair.isaza@unipaz.edu.co, julian.gomez@unipaz.edu.co

Resumen- CORPACENTRO es una empresa prestadora de servicios de agua potable, ubicada en el Corregimiento El Centro, la organización está encargada de la distribución del agua, mantenimiento de equipos y redes hidráulicas del acueducto de las veredas. Se diseña un programa de mantenimiento de los equipos de distribución de agua, que conlleve a la satisfacción de los clientes superando las inconformidades detectadas en la encuesta de satisfacción aplicada con antelación, el mejoramiento y capacitación del personal del talento humano junto son el funcionamiento y rendimiento de toda la planta, permitiendo de esta manera que CORPACENTRO sea una empresa competitiva y líder en la región.

Palabras Clave- mantenimiento, equipo de distribución, criticidad, periodicidad, intervención.

Abstrac- CORPACENTRO is a provider of drinking water services, located in the El Centro municipality, the organization is in charge of water distribution, equipment maintenance and hydraulic networks of the sidewalk aqueduct. A maintenance program for water distribution equipment is designed, leading to customer satisfaction overcoming the nonconformities detected in the satisfaction survey applied in advance, the improvement and training of human talent personnel together with performance and performance of the entire plant, thus allowing CORPACENTRO to be a competitive company and a leader in the region.

Keywords - maintenance, distribution equipment, criticality, periodicity, intervention.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente CORPACENTRO, no cuenta con un plan de mantenimiento establecido para los equipos y redes de distribución de agua para los habitantes del corregimiento el centro, se realizan actividades correctivas para mitigar los daños, mejorar el proceso de distribución de agua. Por

consiguiente se optó por diseñar un programa de mantenimiento acorde a las necesidades de los equipos y redes que garantice un correcto funcionamiento del proceso de distribución.

En ese sentido este proyecto tiene como objetivo principal diseñar un programa de mantenimiento acorde a los equipos y redes de distribución que emplea CORPACENTRO en el proceso de distribución del agua a las comunidades del Corregimiento el Centro, el cual permitirá establecer de una forma muy específica cuando se deberán efectuar las intervenciones a cada equipo para mantener un nivel de confiabilidad alto que garantice una distribución óptima del preciado líquido (agua), teniendo en cuenta los procesos y prioridades definidos por la empresa (estratégicos, misionales, de apoyo y de evaluación y seguimiento) los cuales ayudaran al cumplimiento de las funciones y el logro de los objetivos trazados.

El diseño del programa de mantenimiento creará un hábito de mantenimiento en el personal de la organización, favoreciendo así el desarrollo y crecimiento de la misma, además, fortalecerá los conocimientos básicos y esenciales de cada uno de los trabajadores, identificando en cada uno sus competencias y comportamientos para así fijar los requisitos de formación académica y experiencia que requiere cada uno de los empleos.

Igualmente, mediante el análisis de criticidad aplicado en el desarrollo del trabajo, permite la identificación de los equipos altamente críticos para priorizarlos en la ejecución de los mantenimientos. Las actividades de mantenimiento estipuladas en el programa de mantenimiento junto a su periodicidad de ejecución permitirán llevar un control de mantenimiento para cada equipo, el cual se puede llevar en el formato de control de mantenimiento, diseñado para tal fin.

II. METODOLOGÍA

Se implementa una investigación descriptiva de un modelo de mantenimiento, y el enfoque de la investigación es cualitativo y cuantitativo en el que se describe el proceso de diseñar un plan de mantenimiento basado en los equipos críticos de la empresa CORPACENTRO desde un aspecto de observación de sus relaciones y comportamientos internos. Los instrumentos utilizados fueron: entrevistas semiestructuradas, encuestas, manuales de operación y hoja de vida de los equipos.

III. DESARROLLO

El diseño del programa de mantenimiento para los equipos y redes de distribución hidráulicas del acueducto, mediante la planeación de actividades establecido por la empresa CORPACENTRO, el cual permitirá el abastecimiento del servicio de agua potable en óptimas condiciones corresponde ejecutar las siguientes gestiones;

1. Identificar las fallas más comunes que presentan los equipos y redes de distribución hidráulicas del acueducto del corregimiento el Centro, mediante un diagnóstico que permita ver el estado actual de las instalaciones y permita priorizar las labores en el programa de mantenimiento.
2. Definir las actividades de mantenimiento en los equipos y redes de distribución hidráulicas del acueducto, mediante un análisis de criticidad que apruebe la viabilidad de los procesos; teniendo en cuenta las indicaciones del fabricante y de las normas API 682¹ e ISO 21049² con el fin de prolongar la vida útil de los equipos.
3. Generar el programa de mantenimiento en los equipos del acueducto del corregimiento el Centro, teniendo en cuenta los equipos, trabajadores y costos que permitan la ejecución de las actividades.
4. Explicar los procedimientos establecidos por el programa de mantenimiento al grupo de trabajo, mediante charlas formativas que permitan dar a conocer los nuevos procesos que se darán en la empresa.

1. Definir las actividades de mantenimiento en los equipos y redes de distribución hidráulicas del acueducto.

Para evidenciar la percepción de los usuarios con respecto al servicio de agua que llega a sus hogares fue necesaria la realización de una encuesta de satisfacción al cliente, mediante la cual se reflejara el nivel de satisfacción de los usuarios y a la vez, la situación actual que vive el corregimiento el centro con respecto al servicio de acueducto.

Mediante la realización de la encuesta se logró determinar el nivel de satisfacción de los usuarios con respecto al bien y servicio ofrecido por la empresa CORPACENTRO, a continuación podemos ver las preguntas y los resultados obtenidos. Tomando como población los usuarios inscritos a la empresa CORPACENTRO en un total de 3.800, se toma

una muestra poblacional con respecto a la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que ya conocemos el número de población (N).

$$n = \frac{Z^2 \times P \times Q \times N}{e^2 (N - 1) + Z^2 \times P \times Q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra (incógnita)

N = Número de población

Z = Nivel de confianza

P = Probabilidad a favor

Q = Probabilidad en contra

E = Error de estimación máximo aceptado

Realizando las respectivas operaciones tendremos el tamaño de muestras que se deben realizar (en este caso encuestas a realizar), teniendo en cuenta que para ello se empleó un nivel de confiabilidad de 95%.

n = ?

N = 3800

Z = 95% = 1.96 Tabla estadística P = 50% = 50/100 = 0.5

Q = 50% = 50/100 = 0.5

E = 4% = 4/100 = 0.04

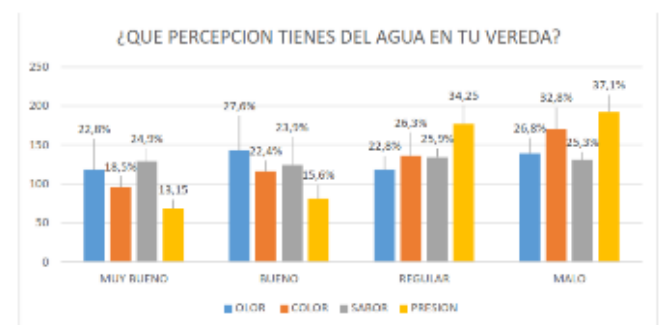
$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5)(0.5)(3800)}{(0.04)^2 (3799) + (1.96)^2 (0.5)(0.5)}$$

n = 518 Encuestas a realizar

Las encuestas fueron realizadas a los usuarios de la empresa CORPACENTRO los cuales manifestaron sus inquietudes con respecto al servicio que presta la empresa. Esta información nos permite tomar correctivos en el área operativa, con el fin de mejorar las deficiencias que se presentan.

Análisis de resultados

1. ¿Qué percepción tiene del agua en su vereda?



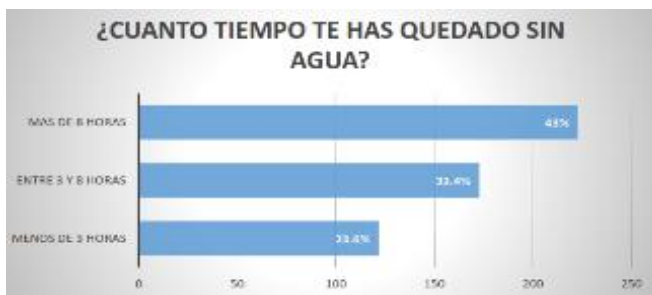
Tanto el olor como el sabor del agua son apreciados por la mayoría de los usuarios como Muy bueno y Bueno, en cuanto al color y la presión no tienen la misma aceptación, por el contrario los califican entre Regular y Malo.

2. ¿Consideras adecuado el tratamiento que se le está dando al agua?



El 36% de las encuestas arrojaron estar de acuerdo con el tratamiento que se le da al agua, el 22% lo considera adecuado solo algunas veces, mientras que el 42% dicen no estar de acuerdo, debido a cómo les llega el agua a sus hogares.

3. ¿Cuánto tiempo te has quedado sin agua?



El 43% de los encuestados manifiesta haberse quedado más de 8 horas sin agua, mientras que el 33.4% dice que se ha quedado sin el servicio entre 3 a 8 horas y el 23.6% menos de 3 horas.

4. ¿La empresa le informa previamente del corte?



El 44% de los usuarios presenta inconformismo con los cortes de agua, los cuales no son divulgados por la empresa, según ellos, mientras que el 21% afirma que la empresa si informa previamente al corte; y el 35% ostenta que la empresa no siempre informa, solo algunas veces.

5. ¿Cómo calificas la prestación del servicio?



Con relación a los resultados obtenidos, el 20% de los usuarios encuestados califican como muy buena la prestación del servicio, el 22% dice ser bueno, mientras que el 25% regular; y el 33% manifiesta que es un mal servicio. Esto se debe a los inconvenientes ya nombrados en el proyecto, véase Anexo F; quejas y reclamos.

Para comprender el desarrollo del trabajo iniciaremos hablando de la planta de tratamiento de agua, la cual es pilar fundamental del proceso; allí se lleva a cabo todo el proceso de tratamiento del agua y distribución inicial hacia los diferentes puntos.

En el cuarto de bombeo de campo 23 se encuentran seis (6) bombas Goulds 3316 con sus respectivos motores Weg, tres (3) de ellas (GM1, GM2 y GM3) están encargadas de bombear agua potable a los tanques de distribución de las comunidades, y las otras tres (3) enumeradas (BAI1, BAI2 y BAI3), para el bombeo de agua industrial utilizada por ECOPEPETROL S.A para sus procesos industriales; cabe aclarar que quien se encarga de la planta de tratamiento y la repartición inicial es Ecopetrol, una vez sale de la planta le corresponde a CORPACENTRO hacerse cargo de la distribución y el mantenimiento de redes de distribución y equipos que hacen parte del proceso de repartición del agua destinada para las comunidades.

Igualmente Ecopetrol es quien se encarga del mantenimiento de los equipos de la planta de tratamiento de agua la llana campo 23 La Cira Infantas. Cuenta con un manual de mantenimiento establecido para los equipos, el cual emplea en el respectivo mantenimiento.

En la siguiente tabla se relacionan los equipos rotativos que se encuentran en el cuarto de bombeo de la planta de tratamiento la llana campo 23 LCI.

Tabla 1.

Equipos rotativos planta de tratamiento la llana campo 23.

ecopetrol ENERGÍA PARA EL FUTURO			EQUIPOS ROTATIVOS		
BOMBA	CAPACIDAD(PSI)	HP	MOTOR	CAPACIDAD (HP)	AMP
GM1	200	200	MGM1	200	40
GM2	200	200	MGM2	200	40
GM3	200	200	MGM3	200	40
BAI1	270	250	MBAI1	250	90
BAI2	270	250	MBAI2	250	90
BAI3	270	250	MBAI3	250	90

Válvula principal de entrada cuarto de bombeo plata 5, tipo compuerta de 10 pulgadas de diámetro, permite actuar sobre

el fluido por apertura, cierre u obstrucción parcial de la zona de paso según la presión que necesita el sistema de bombeo.

Tabla 2.
Inventario de equipos Planta 5 CORPACENTRO

		INVENTARIO DE EQUIPOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO LA LLANA CAMPO 23		
Íte	N	MAR	M	CAN
1	Bombas GM1,GM2 y GM3	Goulds	3316	3
2	Bombas BAI1,BAI2 y BAI3	Goulds	3316	3
3	Motores eléctricos	Weg	Wc22	3
4	Motores eléctricos	Weg	W21	3
5	PLC	SIEMENS	SIMATIC-HMI	2
6	Gabinete eléctrico	Sneider electric	SND 53E	2
7	Válvulas de compuerta	Gatee	-----	1 5
10	Líneas de distribución metálicas	Metal	M 0.80	1000m

Inspecciones de los equipos y accesorios en busca de posibles fallas.

Mediante una reunión con el personal de operaciones de la empresa (operadores y fontaneros), en la cual se manifiestan las fallas más comunes que presentan los equipos y redes de distribución, asimismo se realizaron inspecciones visuales en cada uno de los equipos, en las cuales se evidenciaron algunas fallas ya mencionadas por el personal operativo, las cuales afectan el buen funcionamiento del proceso de bombeo y distribución del agua en el corregimiento el Centro, Véase tabla 7.

Posteriormente se generó una lista de chequeo “CHECK LIST” para evaluar las condiciones de los equipos y poder tomar los correctivos necesarios véase tablas 8 (lista de chequeo generada).

Fallas identificadas en equipos y líneas de distribución

- Dilatación de sellos en las bombas (genera fugas en carcasa).
- Alto nivel de vibración (produce desalineación del equipo).
- Parada de planta por baja presión (fugas o eventos imprevistos).
- Altas temperaturas (genera recalentamiento en los cojinetes).
- Fugas de aceite por los sellos de las bombas.
- Boqueo de válvulas (caída o bloqueo de compuerta).
- Fugas por desgaste y cristalización de tuberías en PVC.
- Desprendimiento de juntas en líneas de polietileno (alta presión).
- Desprendimiento de uniones lisas (líneas de pvc).

- Rupturas de líneas por altas presiones.
- Desgaste de empaques en uniones de reparación.

La mayoría de estas fallas se presenta por desgaste, cristalización, dilatación térmica de sellos debido a las altas temperaturas, condiciones ambientales, marchas continuas de trabajo y a la fricción a las que están expuestos a diariamente.

Análisis de criticidad para la priorización de equipos fundamentales.

Al efectuar el análisis de criticidad a los equipos del cuarto de bombeo de Planta PÍA 5 de CORPACENTRO se logró determinar la jerarquía o prioridad de cada uno de ellos, permitiendo que la toma de decisiones fuesen las más acertadas, y así direccionar los esfuerzos y los recursos hacia esa área con el fin de no afectar la producción y mejorar la confiabilidad operacional.

Durante el análisis se pudo establecer que los equipos prioritarios o fundamentales para la ejecución de las actividades de bombeo y distribución del agua son las bombas, las cuales generan gran parte del trabajo que se realiza en todo el proceso, por lo tanto se les hace un seguimiento a diario con el fin de controlar y detectar alguna anomalía a tiempo.

Para determinar la criticidad de una unidad o equipo se utiliza una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla. En un eje se representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla.

Tabla 3. Criticidad Bomba DURCO BM1 cuarto de bombeo Planta 5.

Equipo: Bomba centrífuga BM1.	Tiempo de reparación: De 3 a 15 Días
Ubicación: Cuarto de bombeo.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental:
Filosofía operacional: Sistema con 3 bombas en paralelo- la pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Daño por ruptura de sellos.	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la bomba (acoples, rotor, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: >\$ 5'000.000.

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

IMPACTO AMBIENTAL = 3
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 3
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 15
FRECUENCIA DE FALLA = 4

Matriz de Criticidad BM1. Jerarquía de la criticidad – criticidad alta (A).

4 x 15 = 60 NIVEL DE CRITICIDAD



CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

IMPACTO AMBIENTAL = 3
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 3
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 15

FRECUENCIA DE FALLA = 4

4 x 15 = 60 NIVEL DE CRITICIDAD

Tabla 4. Criticidad Bomba DURCO BM2 cuarto de bombeo Planta 5

Equipo: Bomba centrífuga BM2.	Tiempo de reparación: De 3 a 15 Días
Ubicación: Cuarto de bombeo.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: pérdida de agua.
Filosofía operacional: Sistema con 3 bombas en paralelo- la pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Daño por altas vibraciones – Desalineamiento	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la bomba (acoples, rotor, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: >\$ 5'000.000.

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

IMPACTO AMBIENTAL = 3
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 5
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 17

FRECUENCIA DE FALLA = 4

4 x 17 = 68 NIVEL DE CRITICIDAD

Matriz de Criticidad BM2. Jerarquía de la criticidad – criticidad alta (A).

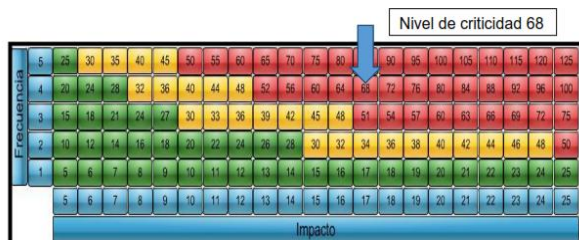


Tabla 5. Criticidad Bomba DURCO BM3 cuarto de bombeo Planta 5

Equipo: Bomba centrífuga BM3.	Tiempo de reparación: De 3 a 15 Días
Ubicación: Cuarto de bombeo.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: pérdida de agua.
Filosofía operacional: Sistema con 3 bombas en paralelo- la pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Daño por rodamientos internos	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la bomba (acoples, rotor, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: >\$ 5'000.000.

Matriz de Criticidad BM3. Jerarquía de la criticidad – criticidad alta (A)



Tabla 6. Criticidad del motor US MT1 cuarto de bombeo Planta 5

Equipo: Motor Eléctrico MT1	Tiempo de reparación: De 1 a 8 Días.
Ubicación: Cuarto de bombeo planta 5	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua	Impacto a la población:
Presión de operación: 200Amp	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con motores en serie conectados a las bombas- la pérdida es del 33,3% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: desgaste de cojinetes – Desalineamiento del eje	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos del motor (empaques, vástago, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: >\$ 4'000.000.

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

IMPACTO AMBIENTAL = 3
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 2
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 14

FRECUENCIA DE FALLA = 4

4 x 14 = 56 NIVEL DE CRITICIDAD

Matriz de Criticidad MT1. Jerarquía de criticidad - **criticidad media (M).**

Nivel de Criticidad 56



Tabla 7. Criticidad del motor US MT2 cuarto de bombeo Planta 5

Equipo: Motor Eléctrico MT2	Tiempo de reparación: De 1 a 8 Días.
Ubicación: Cuarto de bombeo planta 5	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua	Impacto a la población:
Presión de operación: 200Amp	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con motores en serie conectados a las bombas- la pérdida es del 33,3% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Perdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: sobrecarga	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos del motor (empaques, vástago, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: <\$ 4'000.000.

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

- IMPACTO AMBIENTAL = 1
- IMPACTO PERSONAL = 1
- IMPACTO A LA POBLACION = 1
- DAÑO A LAS INSTALACIONES = 1
- IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 11

FRECUENCIA DE FALLA = 4

4 x 11 = 44 NIVEL DE CRITICIDAD

Matriz de criticidad MT2. Jerarquía de criticidad - **criticidad media (M).**

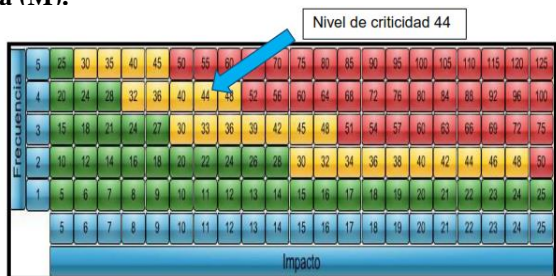


Tabla 8. Criticidad del motor US MT3 cuarto de bombeo Planta 5

Equipo: Motor Eléctrico	Tiempo de reparación: De 1 a 8 Días.
Ubicación: Cuarto de bombeo planta 5	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua	Impacto a la población:
Presión de operación: 200Amp	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con motores en serie conectados a las bombas- la pérdida es del 33,3% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Perdida del 33,3% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: alta temperatura	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos del motor (empaques, vástago, otros).
Frecuencia de ocurrencia: Cada 3 años aproximadamente.	Costos de reparación: <\$ 4'000.000.

CRITICIDAD = FRECUENCIA DE FALLA x IMPACTO TOTAL

- IMPACTO AMBIENTAL = 1
- IMPACTO PERSONAL = 1
- IMPACTO A LA POBLACION = 1
- DAÑO A LAS INSTALACIONES = 1
- IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 11

FRECUENCIA DE FALLA = 4

4 x 11 = 44 NIVEL DE CRITICIDAD

Matriz de criticidad MT3. Jerarquía de criticidad - **criticidad media (M).**



Tabla 9. Criticidad de válvula principal de entrada Planta 5

Equipo: Válvula	Tiempo de reparación: De 1 Día.
Ubicación: Área de distribución.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con válvulas dispuestas en paralelo- la pérdida es del 50% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Perdida del 100% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Bloqueo de compuerta de apertura.	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la válvula (empaques, vástago, otros).
	Costos de reparación: <\$ 5'000.000.
Frecuencia de ocurrencia: Cada 4 años aproximadamente.	

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} \times \text{IMPACTO TOTAL}$$

IMPACTO AMBIENTAL = 2
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 2
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 10

IMPACTO TOTAL = 16

FRECUENCIA DE FALLA = 4

$$4 \times 16 = 64 \text{ NIVEL DE CRITICIDAD}$$

Criticidad válvula principal. Jerarquía de la criticidad – criticidad alta (A).



Tabla 10. Criticidad de la válvula de distribución bomba BM1

Equipo: Válvula BM1	Tiempo de reparación: De 1 Día.
Ubicación: Área de distribución.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con válvulas dispuestas en paralelo- la pérdida es del 50% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 50% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Bloqueo de compuerta de apertura.	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la válvula (empaques, vástago, otros).
	Costos de reparación: <\$ 5'000.000.
Frecuencia de ocurrencia: Cada 4 años aproximadamente.	

Matriz de criticidad válvula BM1. Jerarquía de la criticidad – criticidad media (M).



Tabla 11. Criticidad de la válvula de distribución bomba BM2

Equipo: Válvula BM2	Tiempo de reparación: De 1 Día.
Ubicación: Área de distribución.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con válvulas dispuestas en paralelo- la pérdida es del 50% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 50% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Bloqueo de compuerta de apertura.	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la válvula (empaques, vástago, otros).
	Costos de reparación: <\$ 5'000.000.
Frecuencia de ocurrencia: Cada 4 años aproximadamente.	

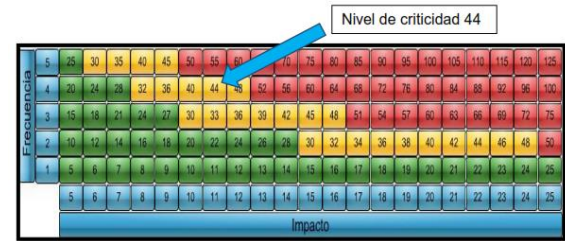
$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} \times \text{IMPACTO TOTAL}$$

IMPACTO AMBIENTAL = 1
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 1
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 11

FRECUENCIA DE FALLA = 4

$$4 \times 11 = 44 \text{ NIVEL DE CRITICIDAD}$$



Criticidad válvula BM2. Jerarquía de la criticidad – criticidad media (M).

$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} \times \text{IMPACTO TOTAL}$$

IMPACTO AMBIENTAL = 1
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 1
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 11

FRECUENCIA DE FALLA = 4

$$4 \times 11 = 44 \text{ NIVEL DE CRITICIDAD}$$

Tabla 12. Criticidad de la válvula de distribución bomba BM3

Equipo: Válvula BM3	Tiempo de reparación: De 1 Día.
Ubicación: Área de distribución.	Consecuencias: Impacto en la producción
Condiciones Operacionales: Normal.	Daños al personal: Ninguno
Fluido: Agua.	Impacto a la población:
Presión de operación: 190psi	Desabastecimiento de agua.
Temp. De Operación: 60°C.	Impacto ambiental: Ninguno.
Filosofía operacional: Sistema con válvulas dispuestas en paralelo- la pérdida es del 50% y en de la producción diaria manejada por el sistema.	Impacto de producción: Pérdida del 50% de la producción diaria manejada por el sistema.
Modo de falla representativo: Bloqueo de compuerta de apertura.	Daños a las instalaciones: Daños en los que elementos internos de la válvula (empaques, vástago, otros).
	Costos de reparación: <\$ 5'000.000.
Frecuencia de ocurrencia: Cada 4 años aproximadamente.	

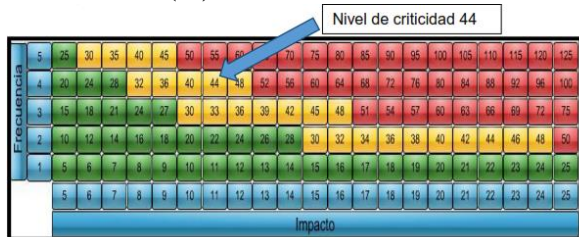
$$\text{CRITICIDAD} = \text{FRECUENCIA DE FALLA} \times \text{IMPACTO TOTAL}$$

IMPACTO AMBIENTAL = 1
 IMPACTO PERSONAL = 1
 IMPACTO A LA POBLACION = 1
 DAÑO A LAS INSTALACIONES = 1
 IMPACTO A LA PRODUCCION = 7

IMPACTO TOTAL = 11
FRECUENCIA DE FALLA = 4

$$4 \times 11 = 44 \text{ NIVEL DE CRITICIDAD}$$

Matriz de criticidad válvula BM3. Jerarquía de la criticidad – criticidad media (M).



Una vez definida la criticidad de los equipos, se determina cuál es el orden jerárquico que se debe llevar en cuanto a la prioridad en el mantenimiento, teniendo en cuenta que los equipos con criticidad alta deben ser los prioritarios en el programa de mantenimiento.

2. Definir las actividades de mantenimiento en los equipos y redes de distribución hidráulica del acueducto

Seleccionar las actividades de mantenimiento con el apoyo de los manuales de operación de los equipos.

Se establecen las actividades de mantenimiento para cada uno de los equipos como bombas, válvulas, motores, accesorios involucrados, teniendo en cuenta los manuales de operación que reposan en el archivo de CORPACENTRO y las consideraciones por parte de los operadores; esto con el fin de llevar una línea de mantenimiento y garantizar el buen funcionamiento de los equipos.

Mantenimiento de bombas: Verificar la presión para medir eficiencia, Revisión de sellos, Fugas en carcasa, Vibraciones, Lavado interno, Revisión acoples, Cojinetes - delantero y trasero, Alineación, Temperatura y Limpieza de carcasa.

Mantenimiento de válvulas: Cambio de empaquetadura, Lubricación del Vástago, Limpieza y remoción interna de corrosión, Verificar el mecanismo de Abertura, Anillos, Limpieza orificio de grasera, Cepillado y lubricación de esparragas y tuercas.

Mantenimiento de motores: Revisión de voltajes y amperaje, Rodamientos, eje y cojinetes, Prueba de resistencia de aislamiento, Revisión de temperatura, Verificación de protecciones eléctricas, Nivel de vibración, Bobina, resistencia y aislamiento, Verificación de anillos, Limpieza de carcasa interna y externa, Pintura.

Mantenimiento del PLC y Gabinete de control: Verificar el sistema de programación, Verificación del cable de control, Fusibles, Comprobar entrada y salida de voltaje, Verificar

interruptores, Revisión del cableado, Verificar luz indicadora, Limpieza de partículas, Verificar el estado de la UPS.

Mantenimiento de elementos de instrumentación: Verificación de funcionalidad de los instrumentos, configuración, Desmontaje del instrumento, Calibración del instrumento, Limpieza de partes asulfatadas, Fugas en el instrumento.

Mantenimiento de Macro medidores y Filtros: Limpieza y verificación de aspas, Cambio de empaques, Verificación de mediciones, Limpieza de malla interna, Cepillado y lubricado de tuercas y espárragos.

Mantenimiento de redes de distribución hidráulicas: Identificar la falla, Realizar excavación, Realizar corte, Aplicar limpiador en el área, Reemplazar parte afectada, Instalar unión de reparación.

Periodicidad de las actividades

Una vez realizada la elección de actividades de mantenimiento, se definió la periodicidad con la que se ejecutaran dichas actividades correspondientes para cada equipo a intervenir.

Tabla 13. Períodos de mantenimiento de Bombas

ACTIVIDADES		PERIODO
• Verificar la presión para medir eficiencia	→	Trimestral
• Revisión de sellos	→	Trimestral
• Fugas en carcasa	→	Semanal
• Vibraciones	→	Semanal
• Lavado interno	→	Trimestral
• Revisión acoples	→	Trimestral
• Limpieza de carcasa	→	Trimestral
• Temperatura	→	Semanal
• Alineación	→	Trimestral
• Cojinetes - delantero y trasero	→	Trimestral

Tabla 14. Períodos de mantenimiento de las válvulas.

ACTIVIDADES		PERIODO
• Cambio de empaquetadura	→	Semestral
• Lubricación del Vástago	→	Semestral
• Limpieza y remoción interna de corrosión	→	Semestral
• Verificar el mecanismo de Abertura	→	Semestral
• Anillos	→	Semestral
• Limpieza orificio de grasera	→	Semestral
• Cepillado y lubricación de esparragas y tuercas	→	Semestral

ACTIVIDADES		PERIODO
• Revisión de voltajes y amperaje	→	Mensual
• Rodamientos, eje y cojinetes	→	Trimestral
• Prueba de resistencia de aislamiento	→	Trimestral
• Revisión de temperatura	→	Semanal
• Verificación de protecciones eléctricas	→	Trimestral
• Nivel de vibración	→	Semanal
• Bobina, resistencia y aislamiento	→	Trimestral
• Verificación de anillos	→	Trimestral
• Limpieza de carcasa	→	Trimestral

Tabla 15. Períodos de mantenimiento de PLC y Gabinete Eléctrico.

ACTIVIDADES		PERIODO
• Verificar el sistema de programación	→	Trimestral
• Verificación del cable de control	→	Trimestral
• Fusibles	→	Trimestral
• Comprobar entrada y salida de voltaje	→	Trimestral
• Verificar interruptores	→	Añual
• Revisión del cableado	→	Añual
• Verificar luz indicadora	→	Añual
• Limpieza de partículas	→	Trimestral
• Verificar el estado de la UPS	→	Añual

Tabla 16. Períodos de mantenimiento de Elementos de Instrumentación.

ACTIVIDADES		PERIODO
• Verificación de los instrumentos	→	Semanal
• Desmontaje del instrumento	→	Añual
• Calibración del instrumento	→	Añual
• Limpieza de partes asulfatadas	→	Añual
• Fugas en el instrumento	→	Semanal

Tabla 17. Períodos de mantenimiento de Macromedidores y Filtros.

ACTIVIDADES		PERIODO
• Realizar excavación	→	Semanal
• Realizar corte	→	Semanal
• Aplicar limpiador en el área	→	Semanal
• Retirar parte afectada	→	Semanal
• Instalar unión de reparación	→	Semanal

Tabla 18. Períodos de mantenimiento Redes de distribución hidráulica.

ACTIVIDADES		PERIODO
• Limpieza y verificación de aspas	→	Semestral
• Cambio de empaques	→	Añual
• Verificación de mediciones	→	Semanal
• Limpieza de malla interna	→	Semestral
• Cepillado y lubricado de tuercas y espárragos	→	Añual

Nota: Estos periodos de mantenimiento establecidos pueden estar sujetos a cambios siempre y cuando se presente alguna alteración en los equipos que incite la intervención inmediata antes del tiempo esperado.

Herramientas para cada actividad de mantenimiento

Cada actividad de mantenimiento requiere distintos tipos de herramientas, las cuales se seleccionarse con anterioridad. Obedeciendo a la actividad que se realice se hace le selección de la herramienta, esta selección la hace el capataz de la cuadrilla de fontaneros y el técnico o mecánico encargados de ejecutarlas labores de mantenimiento, los cuales tienen una amplia experiencia en el área de mantenimiento y saben qué tipo de herramientas son las que se requieren.

Una vez seleccionadas las herramientas se procede al sitio donde se ejecutaran las actividades de mantenimiento, lo primero que se debe hacer antes de intervenir cualquier equipo es aplicar SAES (Sistema de Aislamiento Eléctrico Seguro) y SAS (Sistema Aislamiento Seguro), posteriormente se puede proceder al desmonte del equipo o pieza afectada. A continuación se relaciona las actividades de mantenimiento y las herramientas empleadas para cada una de ellas.

Tabla 19. Herramientas actividades de mantenimiento.

HERRAMIENTAS EMPLEADAS PARA CADA ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO					
MANTENIMIENTO DE BOMBAS	MANTENIMIENTO DE VALVULAS	MANTENIMIENTO DE PLC Y RACK	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS INSTRUMENTACION	MANTENIMIENTO DE MACRO MEDIDORES Y FILTROS	MANTENIMIENTO DE REDES
Llave inglesa boca fija	Llave de punta	Multímetro	Llaves mixtas	Llaves boca fija	Pala
Llave inglesa ajustable	Llave inglesa boca fija	Lanilla	Alicate	Llave de punta	Pica
Llave de carraca	Destornilladores de pala	Navaja	Lanilla	Destornillador de pala	Escofina
Destornilladores	Diferencial	Alicate	Rache	Diferencial	següeta
Alineador laser		Destornilladores		Rache	Barra
Lanillas				Barra	

Tipo de mantenimiento a implementar

Paras las condiciones de suministro de agua potable para el corregimiento el centro existen diferente procedimientos que se ejecutaran para la prestación del servicio.

- Mantenimiento rutinario*
- Mantenimiento preventivo*
- Mantenimiento correctivo*

Para implementar un plan de mantenimiento se debe adquirir toda la información pertinente de los equipos o planta a la cual se le desea realizar el programa de mantenimiento, como por ejemplo, un listado de equipos significativos, recopilación de instrucciones del fabricante, obligaciones legales entre otros.

Para generar el programa de mantenimiento a los equipos del acueducto, se recurrió a la herramienta Excel la cual centraliza

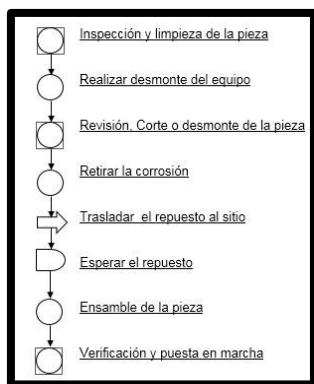
todo el plan de mantenimiento para equipos y redes hidráulicas del acueducto del corregimiento el centro CORPACENTRO, mediante la aplicación de formatos, fichas técnicas, hojas de vida, programa de mantenimiento, entre otros.

Diagrama de procesos para actividades de mantenimiento CORPACENTRO

Los diagramas de procesos son representaciones esquemáticas de un proceso en una empresa, los cuales se utilizan para analizarlo y optimizarlo. Este diagrama representa el proceso completo de una determinada actividad, utilizando solo los símbolos de operación, inspección, combinada, demora, transporte y almacenamiento.

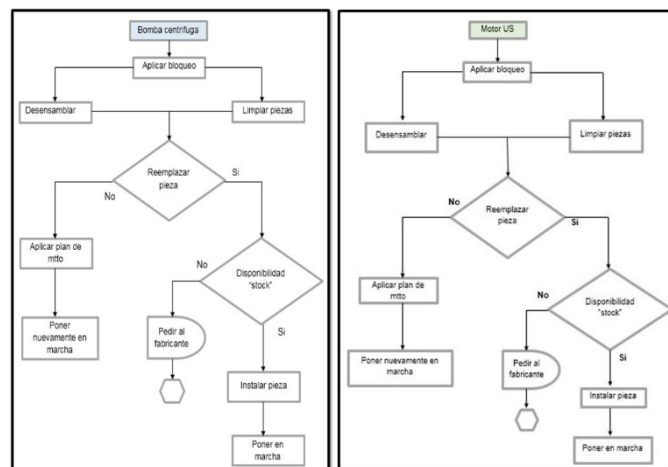
Una vez establecido el programa de mantenimiento para equipos y redes de distribución hidráulica del acueducto del corregimiento el Centro CORPACENTRO se define el diagrama de procesos para el mantenimiento.

Imagen 11. Diagrama de procesos en actividades del mantenimiento CORPACENTRO.



Los diagramas de flujo representan gráficamente las actividades o procesos que se deben dar durante los periodos de mantenimiento de equipos o sistemas. A continuación veremos los diagramas para el proceso de mantenimiento de las bombas y los motores de la empresa CORPACENTRO.

Imagen 12. Diagrama de mantenimiento para bombas y motores.



- Generar formatos; fichas técnicas, orden de trabajo, hojas de vida de los equipos y plan maestro de mantenimiento.

La ficha técnica contiene la descripción de las características del equipo como nombre, modelo, capacidad, marca, potencia, serial, entre otros; en el espacio en blanco en la parte inferior se muestra una foto del equipo.

La orden de trabajo permite conocer de ante mano la falla que presenta el equipo antes de ingresar al área de mantenimiento, en ella se describe la falla, causas y solución, actividades a realizar.

El plan de mantenimiento general involucra todos los equipos y sus actividades de mantenimiento, la periodicidad con la que se ejecutan cada una de ellas, duración de las actividades, el recurso y los insumos requeridos

4. Explicar los procedimientos establecidos por el programa de mantenimiento.

Capacitar y compartir la información con los trabajadores. Mediante una reunión con el personal operativo de la empresa CORPACENTRO se dio a conocer el cronograma general e individual de mantenimiento realizado para equipos y redes de distribución hidráulica.

Evaluar en los trabajadores la recepción de la información suministrada. Se evaluó la acogida de la información e interpretación del programa de mantenimiento en cada uno de los trabajadores,

El personal operativo fue evaluado a fin de conocer que tan a gusto están con la creación del programa de mantenimiento que se implementara en la empresa, inclusión en el mismo y si aprueban sus procedimientos.

IV CONCLUSION

La investigación permite concluir que existe una gran variedad de afectaciones que impiden el buen funcionamiento del proceso de distribución del agua, las cuales deben ser corregidas con la implementación del programa de mantenimiento. Del mismo modo arroja que varios equipos cuentan con criticidad alta. Lo más relevante es que por medio de la generación del programa de mantenimiento y hojas de vida de los equipos, se logra la organización de la información clave de los equipos, permitiendo tenerla a la mano a la hora de ser requerida por el técnico o profesional de mantenimiento. Las actividades de mantenimiento, la periodicidad con la que se ejecutan y la clasificación de las herramientas, permiten organizar y agilizar el proceso de intervención a los equipos antes que estos presenten alguna falla. Las fichas de control de mantenimiento y orden de mantenimiento, le permitirán a la empresa llevar un registro detallado de los equipos en lo que se refiere a intervenciones, fallas presentadas y procedimientos aplicados. El talento humano como parte esencial de la organización, se le deberá brindar capacitaciones conforme a las necesidades, toda vez que se dé cumplimiento al cronograma de mantenimiento.

V RECOMENDACIONES

Atender oportunamente los periodos de mantenimiento estipulados en el programa de mantenimiento, especialmente a los equipos altamente críticos, esto con el fin de mejorar la confiabilidad operacional y prolongar la vida útil de los equipos.

Adquirir herramientas faltantes como: juego de llaves, diferencial, llaves de punta y palancas, las cuales son necesarias para la ejecución de las tareas de mantenimiento de equipos y demás elementos.

Mantener la información correspondiente a cada uno de los equipos que se encuentran en el cuarto de bombeo de planta 5, en un tablero informativo, el cual permita un fácil acceso cuando se requiera.

Realizar capacitaciones constantemente al personal operativo con el fin de ampliar su conocimiento en las labores realizadas, tanto en los equipos como en las redes de distribución hidráulicas, logrando así dar un manejo adecuado de estos.

Mantener ordenada la bodega en lo que corresponde a materiales y herramientas, cada una en su lugar, con el fin de ubicarlos rápidamente al momento de requerirlos.

Generar cultura de mantenimiento mediante el diligenciamiento de los formatos, para en un futuro implementar una metodología de mantenimiento, ya sea RCM, TPM o AMEF, las cuales permiten predecir las fallas, corregirlas a tiempo y mantener un óptimo desempeño de los equipos.

REFERENCIAS

[1]API 682 Mechanical Seals Are Versatile And Provide Emissions Sealing. Sistema de sellado nuevos o reacondicionados, para bombas centrífugas o rotativas, usados principalmente en las industrias.

[2]ISO 21049 Pumps—Shaft Sealing Systems For Centrifugal And Rotary Pumps. Especifica los requisitos y da recomendaciones para los sistemas de sellado de bombas centrífugas y rotativas utilizadas en las industrias.

AMAYA GOMEZ, Rogelio. Establecer los equipos críticos del acueducto del corregimiento el centro CORPACENTRO. Informe final de practica Ingeniería de Producción. Barrancabermeja. Unipaz - Escuela de Ingeniería de Producción 2016.

Aprendizaje sin fronteras aprendizaje [citado 14 julio 2016] PEMEX subdirección de recursos humanos y relaciones laborales. Disponible en: <virtual@pemex.com>

ADROGUE, Esteban. Club de mantenimiento [en línea]. Febrero 8 2013, Argentina Ingeniería de mantenimiento [citado 3 noviembre 2016]. Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com/mantenimiento-y-seguridad >

ADROGUE, Esteban. Club de Mantenimiento [en línea]. Febrero 8 2013, Argentina [citado 3 noviembre 2016] Disponible en: <http://www.clubdemantenimiento.com /determinacion-de-la-frecuencia-optima-de-mantenimiento-preventivo/>

ALTMANN MACCHIO, Carolina [en línea]. La efectividad del mantenimiento [citado 17 septiembre 2016]. 1p. Disponible en: <www.academia.edu/27808264/La _Efectividad_de_las_actividades_de_mantenimiento_Carolina_Altmann >

API revisado 682 sello mecánico estándar [en línea].bombas centrífugas [citado 11 octubre 2016]. Disponible en: < <http://es.scribd.com/mobile/doc/231569408/El-PIRevisado-682-Sello-Mecanico-Estandar>>

API 686 practica recomendada para la instalación de maquinaria y el diseño de la instalación [en línea]. 2ª edición, 1 de diciembre de 2009. [Citado 24 septiembre 2017]. Disponible en: <https://global.ihs.com/doc-detail.cfm?document_name=API%20RP%20686>

ASOCIACION ESPAÑOLA DE MANTENIMIENTO. El mantenimiento en España [en línea]. 1 edn. 2000 [citado 20 agosto 2016]. Barcelona: asociación Española de mantenimiento.

BERNAL, Laura Marcela. Técnicas estadísticas [en línea]. Herramientas control estadístico 2014. Universidad del Tolima [citado 20 marzo 2017]. Disponible en: <<https://es.slideshare.net/lmarcela74/herramientas-control-estadistico>> Blog técnico de mantenimiento [en línea]. Artículo programa de mantenimiento [citado 5 noviembre 2016]. Disponible en: <<http://www.solomantenimiento.com/articulos/programas-mantenimiento.htm>>

BURGE, PHIL. WET News: Water & Effluent Treatment News [en línea]. Nov2009, Vol. 15 Issue 11, p10-10. 1/2p. 1 Color Photograph [citado 20 octubre 2016]. Article. Disponible en: <web.aebsohost.com>

CABRERA E. Marcet. (Instituto tecnológico del Agua) Universidad politécnica de Valencia, España. "mejora del rendimiento en redes de acueducto" [en línea]. Junio 2000 [citado 28 octubre 2016].

CASTAÑEDA Leonel F, ARANGO Iván D, ZULUAGA Claudia P. Revista Club de Mantenimiento N° 2. P. 12 Septiembre 2000. Universidad EAFIT Medellín [citado 14 noviembre 2016]. Disponible en: <www.clubdemantenimiento.com/revistas-yboletines/>

Centrifugal Water Pump Brand Leader in China [en línea]. Centrifugal circulating water pump [citado 12 noviembre 2016]. Disponible en: <www.zoomlian.com/imagenes/>

Decreto 302 de 25 febrero 2000 [en línea]. Conjunto de normas que rigen los servicios públicos de acueducto y alcantarillado [citado 6 marzo 2017]. Disponible en: <www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4636>

Definición y estructuración de redes de acueducto y alcantarillado en la actualidad [en línea]. Diseño de acueducto y alcantarillado [citado 24 octubre 2016]. Disponible en: <<http://garrynevyl.blogspot.com.co/2010/04/definicion-de-acueductoy.html?m=1>>

ENGINNERS DEL PERU S.A.C. mantenimiento de electrobombas [en línea]. Febrero 25 2017 [citado 20 marzo 2017]. Disponible en: <<https://ingenieroelectrisistadelperu.blogspot.com.co/2017/02/mantenimiento-de-electrobomba>>

FARUCHA, Método de Análisis [en línea] publicado 19 sep. 2012. Zaragoza España. [Citado 13 abril 2017]. Disponible en: <<https://es.slideshare.net/metodo-de-analisis>>

GUTIERREZ, Hernán. Válvula Mariposa [en línea] 29 marzo 2013 [citado 15 noviembre 2016]. Disponible en: <larocamadrehg.blogspot.com.co/2013/03/valvulamariposa.html?m=1>

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. Subgerencia de Sistemas Delegados UEN, Gestión Acueductos Rurales. Operación y Mantenimiento de Acueductos. Costa Rica 2008

Introducción al mantenimiento [en línea]. Tipos de mantenimiento [Citado 14 sep. 2017]. Disponible en: <http://www.sinais.es/Recursos/Cursovibraciones/intro/tipos_mantenimiento.html>

JENKINS, SCOTT. Chemical Engineering [en línea]. Oct 2010, Vol. 117 issue 10, p33-33. 1p. [citado 7 noviembre 2016]. Article EBSCO Discovery Service. Disponible en: <web.a.ebscohost.com>

LARZON, Harry. Pasos para crear un plan de mantenimiento para equipos o maquinas [en línea] citado 20 de enero 2018. Disponible en: <www.emprenderfacil.com/es/10-pasos-plan-de-mantenimiento/>

MELÉNDEZ FONTALVO, Alejandro. Plan de mantenimiento preventivo para la empresa METCOL LTDA. Trabajo de grado Ingeniería Mecánica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - Escuela de Ingeniería Mecánica 2015. 18 p.

Norma del mantenimiento 5000 [en línea]. 1 edn [citada 8 marzo 2016]. Disponible en: <renovetec.com/irim/queesirim>

Norma Técnica Colombiana, NTC 1486 Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. Bogotá 2008 07 23 sexta actualización.

OLIVARES, José. Mantenimiento y confiabilidad tema 3 [en línea]. citado el 5 marzo 2017. Disponible en: <[URL:https://es.slideshare.net/joseo/tema-3-antenimiento-y-confiabilidad](https://es.slideshare.net/joseo/tema-3-antenimiento-y-confiabilidad)>

Operación y Mantenimiento de Redes de Acueducto en línea. Agosto 2010 [citado 5 noviembre 2016]. Disponible en: <repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_redes/operacion_redes.html#>

FILTRADO DE UNA SEÑAL ECG CON LA TRANSFORMADA DE WAVELET Y LA REALIZACIÓN DEL CÁLCULO DE PULSACIONES POR MINUTO

4

Oscar Fernando Becerra Angarita

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre, RS, Brasil
Oscar.molinos@hotmail.com

Resumen — En el presente artículo muestra los resultados del uso de un filtro que emplea la transformada de wavelet para eliminar la interferencia en la red de 50 Hz y el ruido de alta frecuencia para obtener una mejor visualización de una señal de ECG y calcular las pulsaciones por minuto de un paciente. El software utilizado para realizar este trabajo fue MATLAB.

Palabras Claves—ECG, Wavelet, pulso cardíaco, filtrado, ECG.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los electrocardiogramas (ECG) juegan un papel importante en los principales diagnósticos y pronósticos sobre las enfermedades del corazón de los pacientes, la electrocardiografía ha tenido gran influencia en la práctica de la medicina, ya que contiene gran información que puede ser explorada de diferentes formas, estas señales alojan dentro de sí, información anatómica y fisiológica de los diferentes tejidos y músculos del corazón (1). En este trabajo abordaremos el filtrado de señales ECG con el propósito de liberar la señal de ruidos o componentes indeseados por medio de la transformada wavelet, la cual utiliza formas de onda de duración finita, de promedio cero, y tienden a ser irregulares e asimétricas, a diferencia de Fourier, que utiliza sumatorias de senos y cosenos. Estas, permiten realizar una mejor visualización de las discontinuidades y la descompensación de la señal en sus diferentes componentes de baja y alta frecuencia, facilitando el análisis y la extracción de diferentes características de la señal e información útil para cualquier otro tipo de análisis. Entre las ventajas existen dividir en las diferentes componentes de la señal para cuantificar las pulsaciones del corazón aportando ventajas en el análisis de enfermedades tales como la taquicardia (2). Detección de padrones complejos en señales ECG con alto nivel de ruido para posterior comparación con bases de datos sobre enfermedades conocidas (3)-(4).

II. CONCEPTOS TEÓRICOS

A. Análisis Wavelet

En el análisis de señales existe un gran número de herramientas para el procesamiento de las señales. La

transformada de Fourier es una de las más destacadas por su capacidad de representación del contenido de las frecuencias que contiene una determinada señal. Con la necesidad de analizar señales que no se comportan de forma estacionaria o que presentan cambios bruscos en intervalos pequeños, surgen herramientas que aplican la teoría de Wavelet para el desarrollo de nuevas aplicaciones. Las señales que pueden usar esta técnica se encuentran en áreas de investigación, tales como medicina, sismología, geología, electrónica, entre otras.(5)

B. Transformada Wavelet

El análisis Wavelet es una técnica que emplea ventanas con regiones de tamaños variables. Esto permite el uso de intervalos grandes de tiempo en segmentos en donde es necesario mayor precisión en bajas frecuencias y regiones más pequeñas en donde se requiere información en altas frecuencias.(5)

Una forma fácil de entender el funcionamiento es pensar que la señal es filtrada varias veces por filtros pasa-bajos y pasa-altos, los cuales separan en diferentes frecuencias, la señal original. Este procedimiento se repite en varias iteraciones y el grupo de señales resultantes permite regenerar la señal original, ya que se tratan de una descomposición en una base ortogonal, lo que implica que la transformada de Wavelet tiene la propiedad de invertibilidad.

Comparando las Wavelets con las funciones sinusoidales (funciones a base de Fourier), se puede resaltar que la principal diferencia está en que estas señales no tienen una duración limitada, debido a que se extienden a lo largo del tiempo, además son suaves y perecibles. Las wavelets son señales irregulares y asimétricas tal como se puede apreciar en la Figura 1, lo cual termina siendo útil a la hora de analizar o buscar cambios bruscos en una señal.



Figura 1. Señal sinusoidal vs Señal Wavelet.

C. Cálculo de la Transformada Wavelet Discreta

Antes de implementar las Wavelets se debe escoger una familia de las diferentes derivaciones que existen de la Wavelet madre. Algunas de las más importantes son Haar [x], Daubechies [x], Biortogonal [x], Sombrero mexicano [x] entre otras. El objetivo fundamental es estudiar cuál de estas Wavelets se acopla mejor a la señal que se va a analizar.

Para aplicar la transformada de Wavelet a una serie de datos numéricos, es necesario implementar una transformada discreta. Esta idea fue desarrollada por Mallat en 1988 (5). El autor antes mencionado diseñó un algoritmo basado en un banco de filtros que permite obtener una transformada Wavelet de forma instantánea, a partir de los datos de interés.

En la mayoría de las señales, las componentes de baja frecuencia poseen mayor información y se encargan de dar la forma o identidad de la señal original. Por otro lado, las componentes de alta frecuencia incorporan dependiendo de su amplitud, pequeños detalles o características que oscilan sobre las componentes de baja frecuencia. Por esta razón la señal original se sub-divide en dos componentes, baja frecuencia y alta frecuencia. Estas componentes se separan de la señal original con filtros pasa altos y pasa bajos, este resultado se puede observar en la Figura 2.

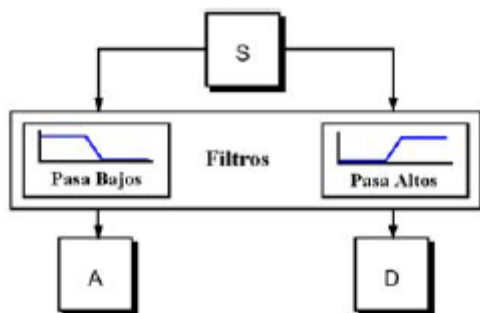


Figura 2. Diagrama de descomposición.

La precisión requerida se obtiene de la descomposición de la señal que se puede realizar de forma iterativa hasta encontrar el nivel necesario. Esta descomposición es conocida como ramificación o árbol de descomposición Wavelet, así como lo ilustra la Figura 3.

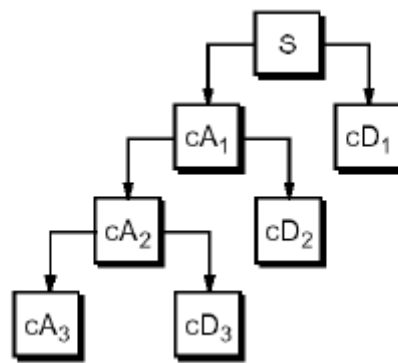


Figura 3. Árbol de descomposición Wavelet.

Puede observarse que las componentes de baja frecuencia son denominadas cA y las componentes de alta frecuencia cD . Si la señal es descompuesta en muchas partes, puede obtenerse información más detallada de la señal original.

La transformada Wavelet es reversible, por esto, es posible retornar dos señales descompuestas a la señal original, realizando un proceso parecido al hecho en la descomposición (inversamente). En la Figura 4 pueden observarse las partes de altas y bajas frecuencias, las cuales se pasan por filtros y se van sumando hasta encontrar la señal original (6).

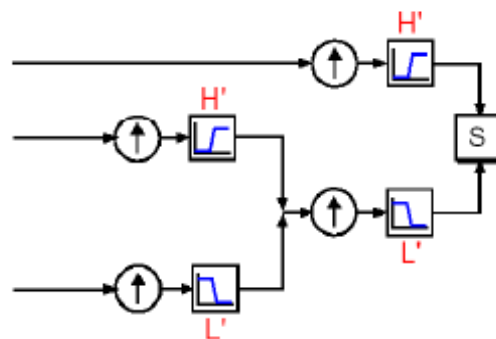


Figura 4 Diseño de reconstrucción de Wavelet.

D. Señal ECG

Los electrocardiogramas (ECG) son representaciones gráficas de la actividad eléctrica del corazón que se obtienen con un electrocardiógrafo y tienen como propósito ayudar a encontrar las diferentes patologías cardiacas de los pacientes. En la práctica, la señal capturada del cardiógrafo es tan débil que contamina con un zumbido de 50 Hz acoplado con interferencia procedente de la red eléctrica. También se debe tener en cuenta que la señal resultante se encuentra mezclada con los diversos dispositivos que trabajan en baja frecuencia generados como consecuencia de la respiración del paciente que se ven en componentes DC, sumando el ruido blanco proveniente de la adquisición. En la Figura 5 se ilustran algunas de las derivaciones de los latidos del corazón.(1)

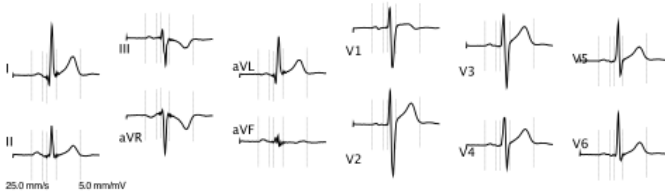


Figura 5. Derivaciones de las pulsaciones del corazón.

La frecuencia cardiaca mide el número de contracciones del corazón por unidad de tiempo y su valor cambia en concordancia al estado de reposo o actividad del paciente. Esta medida puede obtenerse en diferentes lugares del cuerpo, tales como el cuello o el pecho. Una persona adulta saludable en reposo posee un pulso que va de 60 a 100 pulsaciones por minuto. Cuando se realiza un esfuerzo físico, el índice puede subir hasta 200 pulsaciones por minuto.

III. FILTRADO DE LA SEÑAL ECG

Matlab permite utilizar de práctica la Toolbox Wavelet, en la cual es posible aplicar las diferentes funciones de una dimensión para efectuar análisis de las señales. Primero se carga la señal y se aplica la descomposición con Wavelet. Después se deben construir las aproximaciones y detalles con los coeficientes. Finalmente, se regenera la señal con las componentes deseadas, usando la transformada inversa y quitando así todo el ruido de la señal. En la Figura 3 se ilustra una señal ECG con ruido aplicando las transformadas de Wavelet. Con esto se consigue identificar las diferentes componentes de ruido sinusoidal y de ruido en alta frecuencias. También se puede observar la componente de DC.

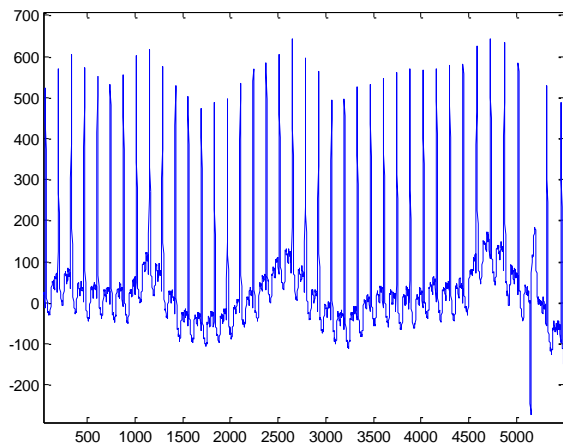


Figura 6. Señal ECG con ruido.

La Figura 7 presenta las primeras componentes de baja frecuencia que poseen aproximaciones y en la Figura 8 pueden observarse, los intervalos de frecuencia o detalles en donde podemos ver el ruido de pequeñas distorsiones a lo largo de la señal ECG.

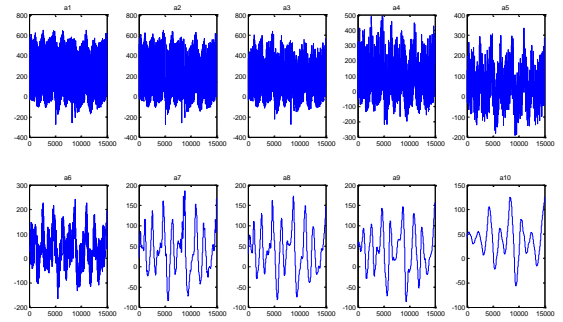


Figura 7. Primeras 10 aproximaciones de la señal original.

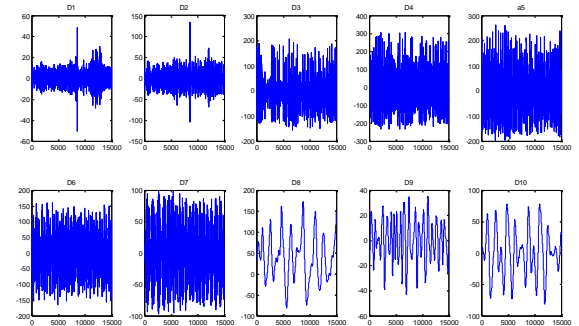


Figura 8. Primeros 10 detalles de la señal original.

Para una mejor visualización de las componentes con respecto a la señal original, la Figura 9 se presenta una comparación de la señal original y de los componentes, una aproximación (verde) y otra del detalle de alta frecuencia (roja). Estas componentes pueden removerse de la señal y así optimizar la señal para realizar el cálculo de las pulsaciones como se puede observar en la Figura 10 que muestra el resultado final de la señal filtrada.

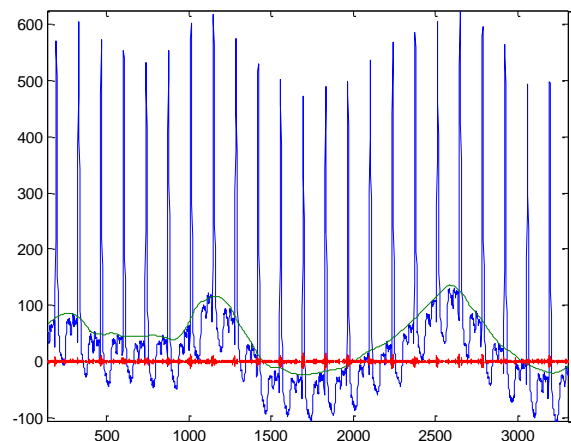


Figura 9. Comparación de la señal ECG original y sus componentes de baja y alta frecuencia.

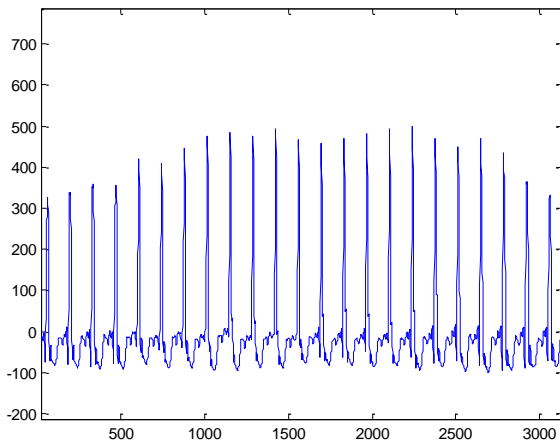


Figura 10. Señal ECG filtrada.

IV. CÁLCULO DE LAS PULSACIONES POR MINUTO

En el cálculo de las pulsaciones por minuto es necesario tener conocimiento de la tasa de muestreo de la señal ECG sabiendo que este dato se puede aplicar a un algoritmo, que permite identificar los picos más altos, así tomar esa posición de los mismos y realizar el cálculo de las pulsaciones por minuto. En la Figura 11 se puede observar una señal con dos puntos que presentan dos picos, que posteriormente en conjunto con una tasa de muestro de 250 Hz definen la Ecuación (1).

$$PM = \left(\frac{60s}{\frac{\text{localização}_{P2} - \text{localização}_{P1}}{250\text{Hz}}} \right) \quad (1)$$

$$= \left(\frac{60s}{\frac{1425 - 1288}{250\text{Hz}}} \right) = 111 \text{ pulsaciones por minuto}$$

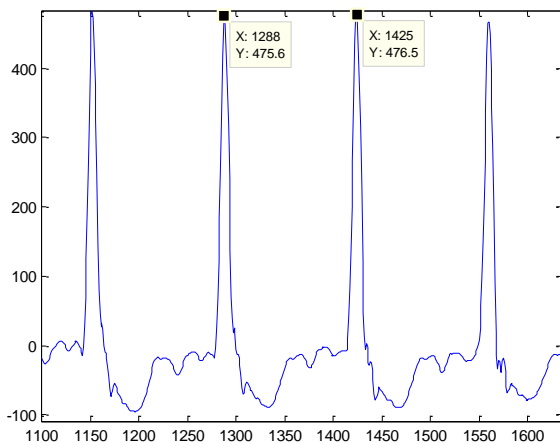


Figura 11 ECG para determinar el cálculo de las pulsaciones por minuto

V. CONCLUSION

Inicialmente se verifico la utilidad de la transformada de Wavelet como herramienta adicional que permite analizar señales en diversas aplicaciones de la electrónica y la medicina. También se pudo trabajar con el paquete de herramientas orientado a Wavelets de MATLAB que es usado en la industria y es muy completo, permitiendo realizar aportes de aplicaciones prácticas de la transformada.

La transformada Wavelet permitió limpiar señales ECG y calcular pulsaciones por minuto de señales ECG reales, descomponiendo las mismas y efectuando un análisis riguroso.

REFERENCIAS

- [1] Alfaouri, M., & Daqrouq, K. (2008). ECG signal denoising by wavelet transform thresholding. *American Journal of applied sciences*, 5(3), 276-281.
- [2] Morlet, D., Peyrin, F., Desseigne, P., Touboul, P., & Rubel, P. (1991, September). Time-scale analysis of high-resolution signal-averaged surface ECG using wavelet transformation. In *Computers in Cardiology 1991, Proceedings*. (pp. 393-396). IEEE.
- [3] Li, C., Zheng, C., & Tai, C. (1995). Detection of ECG characteristic points using wavelet transforms. *IEEE Transactions on biomedical Engineering*, 42(1), 21-28.
- [4] Martínez, J. P., Almeida, R., Olmos, S., Rocha, A. P., & Laguna, P. (2004). A wavelet-based ECG delineator: evaluation on standard databases. *IEEE Transactions on biomedical engineering*, 51(4), 570-581.
- [5] Mallat, S. G. (1989). A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 11(7), 674-693.
- [6] Torrence, C., & Compo, G. P. (1998). A practical guide to wavelet analysis. *Bulletin of the American Meteorological society*, 79(1), 61-78.
- [7] M. Misiti and Y. Misiti and G. Oppenheim and J. M. Poggi, *Wavelet Toolbox users guide*. Mathworks EEUU, 2013

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA REUTILIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA LÍQUIDO COLOMBIANA S.A

5

Vlaxmir Robles Marín, Dirney José Jurado Hernández
Instituto Universitario de la Paz

Vlaxmir.robles@unipaz.edu.co, Dirney.jurado@unipaz.edu.co

Resumen- El agua es comúnmente utilizada para llevar a cabo actividades industriales y agrícolas dentro del marco del crecimiento económico y el progreso social. El presente proyecto se enfocó en el desarrollo de una propuesta de solución para una problemática existente en Líquido Carbónico Colombiana S.A. El desarrollo de este proyecto propone realizar una propuesta a la empresa.

Los pasos para realizar este trabajo fue diseñar un sistema automatizado para aprovechar el agua residual industrial de la empresa, se creó una propuesta la cual se construyó mediante el desarrollo progresivo de diferentes etapas, iniciando con la identificación de los procesos que tienen lugar en la producción del CO₂, la documentación de especificaciones técnicas de equipos e instrumentos, toma y consulta de registros de consumos y vertimientos, hasta el procesamiento de los datos obtenidos, el análisis de resultados y la definición de variables y parámetros. Mediante la realización de una serie de cálculos y haciendo uso del software Solidworks, se creó un diseño tridimensional de un sistema automatizado para la reutilización del agua residual industrial, registrando detalladamente en este documento cada uno de los componentes de dicho diseño, cuya integración logra ofrecer una alternativa para aprovechar mayormente el recurso hídrico además lo que permite que el agua y los contaminantes compactos no sean transportados en la capa lubricante del combustible, por el contrario, en las unidades de inyección de alta precisión, no contaminen, destruyan en su uso y brinde un buen servicio esto conlleva a la contribución que el 100% a que no persiga en el paso de contaminantes del combustible diésel.

Palabras Clave- agua residual industrial, sistema automatizado, reutilización de aguas, recurso hídrico

Abstract- Water is commonly used to carry out industrial and agricultural activities within the framework of economic growth and social progress. The present project focused on the development of a solution proposal for an existing problem in Colombian Carbonic Liquid S.A. The development of this project proposes to make a proposal to the company.

The steps to carry out this work was to design an automated system to take advantage in the industrial wastewater of the company, a proposal was created which was built through the progressive development of different stages, starting with the identification of the processes that take place in the production of CO₂, documentation of technical specifications of equipment and instruments, taking and consulting of consumption and discharge records, up to the processing of the data obtained, the analysis of results and the definition of variables and parameters. By performing a series of calculations and using Solidworks software, a three-

dimensional design of an automated system for the reuse of industrial wastewater was created, recording in detail in this document each of the components of said design, whose integration manages to offer an alternative to take advantage of the water resource in addition which allows that the water and the compact pollutants are not transported in the lubricating layer of the fuel, on the contrary, in the units of injection of high precision, they do not contaminate, destroy in their use and provide a good service this leads to the contribution that 100% does not pursue in the passage of diesel fuel pollutants. **Keywords:** industrial wastewater, automated system, water reuse, water resource.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es comúnmente utilizada para llevar a cabo actividades industriales y agrícolas dentro del marco del crecimiento económico y el progreso social, sin embargo, es el impacto que se produce con los vertidos de aguas residuales y su potencial condición contaminante lo que aflige en mayor medida los recursos hídricos. Se calcula que 884 millones de personas, las mayorías de ellas suramericanas y africanas, no tienen acceso al agua potable. Alrededor de 1.5 millones de niños menores de cinco años mueren anualmente a causa de enfermedades transmitidas por el agua. El deterioro de la calidad de las aguas en ríos, arroyos, lagos y napas freáticas tiene consecuencias directas sobre los ecosistemas y la salud humana. Esta situación constituye una tragedia humana indescriptible y un obstáculo importante para el desarrollo. Siendo conscientes de la vital importancia que tiene el agua para el sostenimiento del planeta y contando hoy con múltiples instrumentos reguladores, iniciativas y oportunidades de formación en tecnologías limpias, es fundamental que toda empresa cuya actividad demande agua y genere descargas residuales a fuentes hídricas, desarrolle e implemente herramientas encaminadas a la óptima gestión de este recurso tendientes a su reciclaje y reutilización.

El proceso de producción de dióxido de carbono (CO₂) líquido que lleva a cabo Líquido Carbónico Colombiana S.A. requiere de agua y genera aguas residuales industriales, en la actualidad la empresa, el agua residual de la planta no recibe ningún tratamiento antes de su vertimiento, y no es reutilizada en ninguna de las fases del proceso productivo, el primer punto no ha afectado de manera negativa al medio receptor por cuanto la calidad del efluente y ello representa un gasto elevado por la

adquisición continúa del agua así como también implica un impacto ambiental por los vertimientos a un cuerpo hídrico, que aunque cuya calidad se encuentra dentro de los parámetros definidos por la normatividad vigente (Resolución 0361 marzo 2015) para propiciar la conservación de los sistemas acuáticos, sin embargo, el volumen de vertimiento de agua se aproxima a 9 litros/minuto (12.960 litros/día), lo que marca un alto consumo y despilfarro de este recurso, amerita el estudio de una opción que permita la reducción de estos efluentes para favorecer aún más el medio ambiente. Fue entorno a estos dos aspectos que se estimó viable desarrollar un diseño automatizado para la reutilización de las aguas residuales industriales dentro del mismo proceso productivo de la empresa.

se estima pertinente elaborar una propuesta de diseño de un sistema automatizado para la reutilización del agua residual industrial generada por la planta de producción de CO₂, que apunte al incremento de la eficiencia económica, técnica y administrativa de la empresa

Se presentará una propuesta asequible para la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A., que le ofrezca una alternativa que le represente un ahorro económico y tenga un impacto positivo en el medio ambiente, que sea además una herramienta útil que impulse a continuar con la integración de nuevas estrategias destinadas al crecimiento financiero y productivo de la empresa de la mano de estándares más altos respecto a su responsabilidad social y ambiental.

II. METODOLOGÍA

Se realiza un diagnóstico de la situación actual del proceso productivo de CO₂ de la empresa Líquido Carbónico Colombia S.A., va caracterizar los requerimientos de proceso de acuerdo a su vertimiento para después documentar de los hallazgos encontrados en la revisión bibliográfica, después se establecer el tratamiento a aplicar al agua residual industrial de la planta partiendo de la identificación de las características físicas, químicas y biológicas de esta

Selección de los componentes que van el sistema para hacer el diseño del sistema automatizado para la reutilización del agua residual industrial de la planta, de acuerdo a las necesidades del proceso productivo con base a la revisión bibliográfica que se realizó anteriormente se desea la selección de los elementos que van inmerso el diseño del sistema. Se tendrá en cuenta los sensores, actuadores controladores y elementos para mostrar la información. Se recopila toda la información obtenida en la revisión bibliográfica, también se puede obtener la información de la variable que se deben tener en cuenta para la hacer el control de reutilización del agua, seleccionamos los elementos que cumplan con los requisitos para solucionar el problema.

Después del diseño se realiza la simulación del diseño del sistema automatizado para la reutilización del agua residual industrial para realizar el análisis costo-beneficio para la implementación del diseño, resaltando igualmente las variables de tipo ambiental que tendrían lugar (calidad y volumen de agua de vertimiento final) y por último se socializa la propuesta de diseño del sistema automatizado para reutilización del agua residual industrial en la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A., para consideración y posible implementación.

• **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CO₂ DE LA EMPRESA LÍQUIDO CARBÓNICO COLOMBIANA S.A.**

El objetivo de esta Planta de producción Barrancabermeja, es procesar el Dióxido de Carbono (CO₂) bruto que se obtiene de la compañía petrolera Ecopetrol S.A. que cuenta con una planta de hidrógeno, la cual procesa metano haciéndolo reaccionar una mezcla de aire y vapor de agua, en un reactor para obtener un gas que comprende H₂ y CO₂, este último componente es aprovechado antes de ser liberado a la atmosfera y procesado para su utilización.

Mediante una serie de procesos y operaciones unitarias el producto final será de una calidad óptima, de acuerdo con los estándares establecidos por la compañía para el requerimiento de la demanda. La capacidad nominal de producción es de 100 toneladas, variando de acuerdo a factores como la presión de suministro de gas crudo y comportamiento de los compresores e intercambiadores. El producto final tendrá una pureza mayor de 99.9% y cumplirá con especificaciones en el sector de bebidas y medicinal, siendo almacenado posteriormente en tanques como líquido para su distribución.

A. ESTABLECER EL TRATAMIENTO A APLICAR AL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA PLANTA PARTIENDO DE LA IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS.

La empresa cuenta con un plan de análisis para los diferentes vertimientos (industriales y domésticos) de las instalaciones, dichos análisis se toman anualmente y permite a la empresa la verificación y la toma de decisiones en caso de que los valores superen los parámetros establecidos por la ley.

Por otro lado, la calidad del agua de las torres evaporativas en un factor importante para la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A., debido a que las variaciones en los parámetros de la misma pueden conllevar a un deterioro prematuro del equipamiento, para garantizar que estos parámetros estén dentro del rango especificado se cuenta con la ayuda de la compañía contratista Lipesa S.A.

Toma de caudales de separadores de agua-CO₂. Para la tipificación de los caudales de descarga de los diferentes procesos, se toma directamente la medida en volumen medida en litros sobre una unidad de tiempo, que para nuestro caso corresponde a un minuto. Esta medida se tomó en cada una de las purgas del sistema y se repitieron 10 veces a diferentes horas del día con el fin de establecer el promedio diario de cada una de ellas, como resultado están las Tablas I yII que muestran los datos obtenidos.

Tabla I. Descarga de los equipos de separadores S00 y D015

DESCARGA DEL S00			DESCARGA DEL D015	
No.	Tiempo	Volumen	Tiempo	Volumen
1	1 min	0.15	1 min	1.34
2	1 min	0.50	1 min	1.31
3	1 min	0.12	1 min	1.21

4	1 min	0.45	1 min	1.31
5	1 min	1.00	1 min	1.34
6	1 min	0.95	1 min	1.27
7	1 min	2.30	1 min	1.29
8	1 min	0.45	1 min	1.27
9	1 min	0.56	1 min	1.32
10	1 min	1.30	1 min	1.34

Fuente: Autor

Tabla II. Descarga de los equipos de separadores D05, E11 y E14

DESCARGA DEL D05			DESCARGA DEL E11		DESCARGA DEL E14	
No.	Tiempo	Volume n	Tiempo	Volume n	Tiempo	Volume n
1	1 min	2.56	1 min	9.56	1 min	2.15
2	1 min	2.45	1 min	9.48	1 min	2.01
3	1 min	2.45	1 min	8.98	1 min	2.00
4	1 min	2.50	1 min	9.56	1 min	1.98
5	1 min	2.34	1 min	9.75	1 min	2.15
6	1 min	2.43	1 min	9.45	1 min	1.95
7	1 min	2.34	1 min	9.56	1 min	2.05
8	1 min	2.43	1 min	9.67	1 min	2.09
9	1 min	2.34	1 min	9.56	1 min	1.99
10	1 min	2.60	1 min	9.98	1 min	2.00

Fuente: Autor

Con la información obtenida se procede a establecer la media para cada uno de los vertimientos, dando como resultado los siguientes datos:

- Descarga S00 = 0.8 L/min
- Descarga D01 = 1.3 L/min
- Descarga D05 = 2.4 L/min
- Descarga E11 = 9.5 L/min
- Descarga E14 = 2.0 L/min

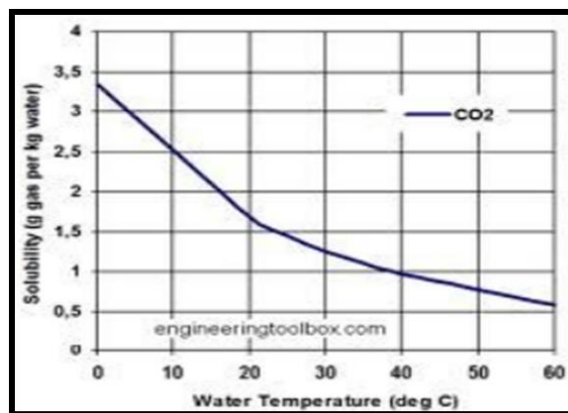
La sumatoria de estos promedios nos indica el flujo de agua que es descargada hacia el humedal en forma de vertimiento, así el resultado es de 16.1 L/min.

De los resultados obtenidos con los análisis realizados sobre las diferentes muestras se pueden formular las siguientes conclusiones:

- Los análisis individuales de los diferentes puntos de vertimientos en la planta Líquido Carbónico Colombiana S.A., demuestran que el agua que proviene de las purgas de los condensadores evaporativos cumple con los parámetros establecidos por normatividad de vertimiento.
- Los vertimientos de los tres separadores de fase D01 y D05 tienen un rango bajo de pH, esto debido a las bajas temperaturas y a la exposición al CO₂; las aguas naturales contienen cantidades significativas de CO₂ disuelto como resultado tanto de la disolución del dióxido de carbono atmosférico como de la descomposición anaeróbica de la

materia orgánica. “La solubilidad del CO₂ en el agua pura a 25°C es de 1,45 g/L, y su variación con la temperatura queda reflejada en la Figura I, donde queda patente la gran solubilidad del mismo en el agua fría”.

Figura I. Curva de solubilidad del CO₂ en el agua



Fuente: Química del medio ambiente PARTE II. El agua.

- Los parámetros generales evidenciados en el análisis realizado por la empresa Chemilab S.A.S. indican que las aguas básicas que salen de los separadores son neutralizadas al mezclarse con las de las purgas de las torres al contener estas últimas mayores volúmenes, dando como resultado un pH bajo, llegando al límite de parámetros establecidos para vertimientos.

- Existe una importante cantidad de sólidos suspendidos en el agua de la salida industrial, las fuentes de estas partículas en el agua son tres: la primera es el aire que es forzado a pasar a través de los condensadores evaporativos, dado que el aire que ingresa al equipamiento contiene partículas suspendidas que luego son transferidas al agua; la segunda proviene de la reposición del agua a la torre, que se suministra por el acueducto, esta contiene una cantidad significativa de estos sólidos; y la tercera proviene de los separadores de fase, aunque las cantidades que aportan estos son casi despreciables, esto se debe a la condensación del vapor de agua del proceso en un cubículo cerrado sin intervención de ningún otro agente.

- Los análisis también muestran que al vertimiento está llegando una cantidad importante de grasas y aceites, se estima que las trampas de grasa que están antes del vertimiento final están funcionando inadecuadamente, esto ocurre cuando hay alguna falla en los tambores o por falta de mantenimiento.

B. EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO A APLICAR

De acuerdo a lo expuesto previamente la presencia de sólidos es el aspecto a controlar en el agua residual industrial para la posterior reutilización, luego, teniendo presente que existen varios tratamientos que pueden aplicarse para la eliminación de dichos sólidos, se estimó procedente emplear el método de decisión multicriterio para lograr identificar la mejor opción de acuerdo al entorno y a las necesidades del sistema que se propone diseñar.

Tabla III. Matriz de descripción de posibles tratamientos a aplicar Tratamientos a considerar

No.	DESCRIPCIÓN
1	Colado o Cribado. Para esta operación suelen emplearse rejillas por las que se hace circular el agua, construidas por barras metálicas de 6 o más mm, dispuestas de forma paralela y con espacios entre 10 o 100 mm. De acuerdo al tipo de sólidos, se pueden utilizar trituradores para reducir el tamaño de los sólidos para una posterior remoción por sedimentación u otro proceso.
2	Filtrado por gravedad. En este caso el agua se hace pasar a través de un filtro (lecho de arena el más comúnmente utilizado) por efecto de gravedad. El mecanismo puede operar de forma tal que se obtenga una filtración lenta o una filtración rápida. La separación de los sólidos se da por una combinación de asentamiento, retención, adhesión y atracción.
3	Filtrado por presión. Esta operación fuerza al agua a atravesar el medio filtrante sometida a presión, normalmente están contenidos en recipientes.
4	Sedimentación. El principio de funcionamiento consiste en el aprovechamiento de la fuerza de gravedad que permite que una partícula de mayor densidad que el agua, tenga una trayectoria descendente hacia el fondo del sedimentador, en este caso, a mayor tamaño y densidad de los sólidos a separar, mayor es la eficiencia de operación.
5	Coagulación-Floculación. Cuando el tamaño de las partículas es mínimo (10^{-6} – 10^{-9} m) se conforma una suspensión coloidal, con lo que la velocidad de sedimentación es en extremo lenta, haciendo inefectivos otros tratamientos mecánicos clásicos. Esta operación consiste en la aplicación de reactivos químicos que desestabilizan la suspensión coloidal y favorecen la floculación de este resultando en partículas más sedimentables.

Fuente: Autor

Con lo anterior, a continuación, se presenta matriz desarrollada para evaluar los tratamientos posibles según criterios definidos.

- Implementar el tratamiento de colado no resulta viable para la extracción de sólidos en la torre evaporativa, ya que no cumple con los requerimientos en cuanto al tamaño de partículas y el complejo sistema que generaría gastos innecesarios en mantenimientos y energía.
- La operación de coagulación-floculación es un proceso que necesariamente debe estar acompañado de un sistema de eliminación de sólidos, funcionando como respaldo en

aplicaciones como la sedimentación. De otro lado, aumentaría los costos por la aplicación de químicos y el consumo de energía.

- Aunque los bajos costos del filtrado por gravedad son un buen incentivo, la necesidad de una gran superficie limita su aplicación en la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A., dado que el espacio es limitado. De igual manera sucede con el sistema de sedimentación, que necesita una gran superficie para lograr que el agua pase a un estado de estancamiento.
- El tratamiento de filtrado a presión ofrece una ventaja frente a los otros en términos de espacio, ya que no necesita de una gran arquitectura para su instalación, por otro lado, para la aplicación de este proceso en la torre evaporativa sería necesario la implementación por medio de una bomba para elevar la presión de la descarga de la purga ya que esta solo alcanza los 6 psi, con lo cual se incrementaría el costo energético, adicional a esto aún se tendría el gasto adicional de agua necesaria para el retro lavado.

C. SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO A APLICAR

Al revisar las conclusiones derivadas del ejercicio de evaluación por criterios, se observa que así como cada posible tratamiento aplicar tiene puntos favorables, también presentan aspectos que dificultan o descartan su aplicación.

Eliminando la operación de colado, el filtrado a presión y el filtrado por gravedad por los aspectos previamente expuestos, las operaciones posibles serían la sedimentación y la coagulación-floculación, luego, considerando que para aplicar un sistema de sedimentación se requeriría una superficie amplia para lograr la separación de las partículas, se estima conveniente y favorable implementar un tratamiento combinado, así, mediante la operación de coagulación-floculación se lograría incrementar la velocidad de sedimentación de las partículas y ello permitiría reducir el área y tamaño del sedimentador.

III. RESULTADOS OBTENIDOS

A. DISEÑO DETALLADO DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

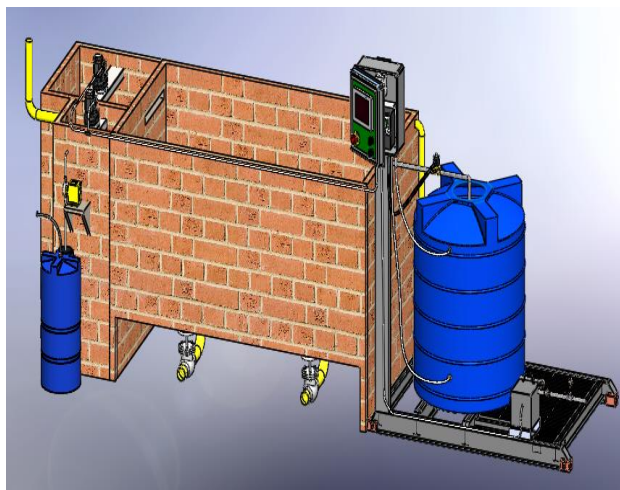
Una vez que se ha determinado el tipo de tratamiento para las aguas de vertimiento de la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A., se puede entrar en detalle al diseño del automatizado, es así que, con el propósito de ilustrar adecuadamente el diseño del sistema de reutilización, a través del software de diseño Solidworks se realiza el modelo del sistema, ilustrando minuciosamente la estructura y cada uno de los instrumentos que lo conforman, así como las dimensiones de las piezas y propiedades de diseño.

En la figura II se logra ver la válvula que interrumpe el paso del agua hacia el depósito de almacenamiento transitorio, la finalidad consiste en bloquear el flujo en caso de que se necesite realizar trabajos de mantenimiento como por ejemplo lavado o reparaciones en caso de avería. El depósito cuenta con un orificio para el rebose dado el caso que el sistema que desaloja el agua del tanque transitorio hasta el E-11 falle o que los flujos de entrada de agua al decantador excedan la capacidad del sistema.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De igual manera se debe tener en cuenta la instalación de una válvula adicional en la entrada a todo el sistema para los mantenimientos periódicos que se le deben realizar al decantador, así estos se podrán realizar sin afectar las descargas de agua de la planta de la empresa Líquido Carbónico Colombiana S.A.

Figura II. Sistema de decantación

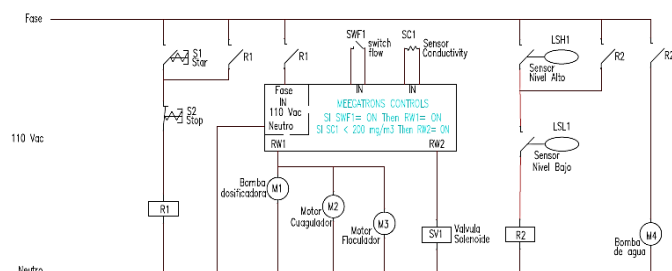


Fuente: Autor.

Posteriormente, se efectúa un estudio analítico en el que se detallan propiedades hidráulicas y características mecánicas del sistema de retorno de agua. Esto con el fin de identificar y evaluar diferentes factores que pueden afectar el sistema, con el objetivo de incrementar los niveles de confiabilidad y asegurar el funcionamiento óptimo del diseño a proponer.

En el esquema de la figura III se observa que el equipo controla el encendido y apagado de la bomba de dosificación de coagulante, el agitador del coagulador y el agitador del floculador mediante el interruptor de flujo SWF1 y la salida a relé RW1 con el fin que no se desperdicie químico en el momento que la planta pare o no exista flujo de agua hacia las cañerías; el interruptor estaría montado en la salida de la purga del evaporador E-11 como se muestra en la Figura 39, ya que en este punto indica al controlador cuando el evaporador está funcionando y evita así que se retorne agua innecesariamente al evaporador.

Figura III. Sistema de decantación



Fuente: Autor

La aportación principal de este trabajo, consiste en el diseño, es conocido que el tema de medio ambiente requiere de una gran sensibilidad de verdadera importancia para captar su verdadera importancia, así mismo, el pensar en las técnicas usadas en la participación de una solución accesible, en cierto modo.

Socializar la propuesta del diseño para la reutilización del agua residual industrial de la empresa, (Líquido Carbónico Colombiana), los temas tratados en el proceso de son los que son expuestos. El análisis del costo y beneficio para la implementación de diseño resaltando los valores y la calidad, del mismo modo, dar lugar a la calidad y volumen del agua tratada.

Para concluir, en el desarrollo de la unidad contribuye habitualmente a que el 100% a que no persiga en el paso de contaminantes del combustible diésel. Lo que permite que el agua y los contaminantes compactos no sean transportados en la capa lubricante del combustible, por el contrario, en las unidades de inyección de alta precisión, no contaminen, destruyan en su uso y brinde un buen servicio.

Este sistema minimiza la contaminación que existe en el manejo de productos industriales, donde se le da amplio uso al diésel, lo dicho hasta aquí supone, que se puede extender este servicio o estandarizar mejora la automatización, en relación con, manejos de agua en una planta residual en los métodos productivos donde el beneficio es aplicable en todas las áreas de la industria donde se manejan estos procesos, y rescindir el uso inadecuado del CO₂, cabe señalar, que recomendamos la implementación de este diseño.

Este modelo es esencial, que tenemos en consecuencia que, la responsabilidad del principio ambiental, son varios los problemas de manejo de la contaminación del agua, sin embargo, en consideración sobre, el desempeño del tratamiento y las condiciones normales de operaciones se recomienda la implementación del uso de los separadores y purgas recomendados para evitar un déficit hídrico debido a la cantidad inclusive la calidad y la gestión del manejo de la misma.

Para concluir, el agua en los procesos de manejo se encuentra contaminada, esto no genera ningún beneficio, por el contrario, acaba con la biodiversidad y la economía de cualquier complejo industrial, con la marcha de sistemas de manejo ante la problemática industrial. Se genera una solución con el fin de aumentar la eficiencia de la remoción Puesto que el Dióxido de Carbono CO₂

V. REFERENCIAS

AINIA CENTRO TECNOLÓGICO. La reutilización de agua en la industria alimentaria, ¿un reto o un tabú? Aspectos a tener en cuenta [en línea]. Madrid, España. [Citado: martes, 27 de septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecn>.

- ANALIZA CALIDAD. Tratamiento de aguas residuales industriales [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <<http://www.analizacalidad.com/docftp/fi1110aguas.pdf>>.
- ANGELAKIS, Andreas y SNYDER, Shane. Wastewater treatment and reuse: past, present and future [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <<http://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/4887/htm>>.
- ARANGO, Tatiana. Reciclaje de aguas es la tendencia en las grandes firmas. La República [en línea]. Marzo 21, 2013. [Citado: martes, 27 de septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.larepublica.co/responsabilidad-social/reciclaje-de-agua-es-la-tenden>>.
- ARREGUÍN, Felipe, et al. El reúso del agua en México [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/acodal42/reuso.pdf>>.
- Capítulo 1: introducción a la automatización. [en línea]. p. 24. [Citado: miércoles 15 febrero 2017]. Disponible en: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-a-la-utomatizacion.pdf>.
- CARRILLO, Alí. Sistemas Automáticos de Control. Fundamentos Básicos de Análisis y Modelado [en línea]. p. 20. [Citado: miércoles 15 febrero 2017]. Disponible en: http://150..9.18/fondo_editorial/images/PDF/CUPUL/SISTEMA%20DE%20CONTROL%20%201.
- COLOMBIA, Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. Uso eficiente y ahorro del agua [en línea]. [Citado: martes, 27 de septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1935-uso-eficiente-y-ahorro>>.
- GARCIA, Pedro. y ESCAMILLA, Carlos. Aplicación de normas de vertimiento resolución 631 – 2015. sd: ANLA, 2016. p. 3.
- GRUPO BETA. Torres de refrigeración y condensadores evaporativos [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/cursos_online/objetos/legionela/4_Torres_de_Refrigeracion_y_Condensadores_Evaporativos.pdf>.
- IES ESTELAS DE CANTABRIA. Máquinas y equipos térmicos; Evaporadores [en línea]. [Citado: 14 octubre 2016]. Disponible en: <http://scalofrios.es/Frio/Evaporadoresycondensadores>.
- INDUSTRIAL SYSTEMS ENGINEERING. Sistemas automatizados. Módulo 1: Funciones básicas, características y arquitectura de los sistemas automatizados [en línea]. p. 3. [Citado: 15 febrero de 2017]. Disponible en: <http://www.ieec.uned.es/investigacion/Dipseil/P>. (s.f.).
- JAIMES, Diana Marcela y PICO, María Isabel. Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales y de producción evaluando las diferentes alternativas nacionales y extranjeras- aplicación campo Colorado. Tesis de grado Ingeniería de Petróleos. Bucaraman.
- MANUAL DE OPERACIONES. Líquido carbónico colombiana. Barrancabermeja, Colombia pg. 7. [Citado: viernes, 20 de mayo de 2017].
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Plan de gestión del riesgo para el manejo de vertimientos. Decreto 3930 de 2010. Bogotá D.C: Minambiente, 2011. p. 8.
- MULTISERVICIOS DE INGENIERÍA 1A S.A. Proyectos, Planta CO2 [en línea]. [Citado: martes, 30 de agosto de 2016]. Disponible en: <<http://www.multinsa.com/2010/site/planta.html>>.
- ORGANIZACIÓN DE LA NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo 2016: Agua y Empleo [en línea]. París, Francia. Pág. 3. [Citado: martes, 27 de septiembr.
- SIRSA-TITANIO. Condensador evaporativo, calidad superior [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <<http://www.sirsatitanio.com>>. (s.f.).
- TU AIRE ACONDICIONADO. El evaporador y sus características [en línea]. [Citado: viernes, 14 de octubre de 2016]. Disponible en: <<http://tuaireacondicionado.net/el-evaporador-tipos-y-caracteristicas/>>.
- UNESCO. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos: Industria [en línea]. [Citado: martes, 27 de septiembre de 2016]. Disponible en: <<http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/industry/>>.

DISEÑO DE DISTRIBUCIÓN DE PLANTA OPTIMIZANDO LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD

6

Beatriz Elena Beltrán Mujica, Julieth Marcela Oliveros Franco,
Sandra Marcela Zapata Garrido.

Escuela de Ingeniería de Producción, Instituto Universitario de la Paz
Barrancabermeja, Santander, Colombia.

beatriz.beltran@unipaz.edu.co

Resumen- Para el diseño de distribución de planta que considere la prevención de riesgos y accidentes de trabajo es necesario realizar un análisis de los riesgos presentes en las edificaciones así como la observación de los procesos. En la investigación se mostró como resultado que en 72m² de área, se encuentran 9 dependencias con 8 trabajadores activos y 65 artículos propios para labores diarias de los procesos, así mismo, el estudio mediante la ingeniería de métodos “Diagrama de recorridos” concluye que son 186 recorridos por movimientos según la matriz de recorridos y diagrama de relaciones los que se ejecutan en un lapso de 2 días normales de trabajo. Por lo que el objetivo de esta investigación fue optimizar las condiciones de seguridad de la empresa mediante la propuesta de distribución de planta para prevenir los riesgos físicos, biomecánicos, psicolaborales y locativos bajo el método *Systematic Layout Planning* (SLP). Por lo que se generaron alternativas mediante dos propuestas en la que se disminuyen de 30 a 32 movimientos por recorridos y departamentos para generar alternativas de diseño que represente la menor distancia recorrida dentro de las instalaciones, menor costo de construcción y mayor prevención de riesgos a la seguridad y salud de los trabajadores.

Palabras clave: Distribución de planta, riesgos, Layout, seguridad y salud en el trabajo.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la distribución de planta e instalaciones ha adquirido una importancia relevante en los ambientes y la organización del trabajo para minimizar las fuentes de riesgo para la salud. [1] Los estudios de ingeniería establecen en principio el orden, colocación y diseño de las unidades y equipos, como factor fundamental en una planta de proceso, por lo tanto, la importancia en el aumento de los niveles de seguridad de estos sitios, proporcionando condiciones económicas en el contexto de costos y optimizando la utilización de estas instalaciones. [2] El 46.8% de los accidentes de trabajo están relacionados al diseño, por lo tanto, la seguridad genera mayor eficiencia, productividad y bienestar de las empresas. [3]

El riesgo locativo lo componen las condiciones de la zona geográfica, las instalaciones o áreas de trabajo, condiciones

de orden y aseo, la falta de señalización o ubicación adecuada de elementos de emergencia, los techos, puertas, paredes, ventanas; estos constituyen una condición permanente de la labor y generan enfermedades y accidentes laborales, constituyéndose, una de las más importantes causas de accidentes de trabajo, ya que constituyen una condición permanente de la labor. [4]

A pesar de la importancia en la prevención de los riesgos en el trabajo, no se incorporan los estándares específicos de las leyes en el diseño de distribución de planta para crear espacios de trabajo seguros y que anteponen la gestión de la seguridad como una prioridad. [5]

Teniendo en cuenta la importancia que tiene una óptima distribución de planta la investigación formuló como objetivo principal definir un adecuado diseño de distribución de planta de las instalaciones; basándonos en las condiciones locativas actuales de la empresa; y en pro de la prevención del riesgo locativo que constituyen una de las causas más importantes de ambientes de trabajo inadecuados, minimizando el impacto de accidentes y enfermedades laborales. Por lo que el propósito principal fue realizar la identificación de las fallas locativas actuales de las áreas administrativas de la empresa y sensibilizar a la gerencia la importancia y los beneficios de contar con áreas de trabajo seguras y saludables y cumpliendo con la normatividad legal vigente.

II. METODOLOGIA

En el diseño de distribución de planta para optimizar las condiciones de seguridad de las instalaciones de las áreas administrativas de la empresa, se realizó un diagnóstico mediante inspección de las áreas, observación de comportamientos y evaluaciones de los peligros por departamento. Se realizó toma de muestra de dos días de cada puesto de trabajo con relación a las demás dependencias, en donde se evaluó la cantidad de recorridos por movimientos entre departamentos.

Así mismo, se inspeccionó mediante lista de chequeo las instalaciones locativas y las condiciones de seguridad y salud

Los requerimientos legales para distribución de planta de la empresa prevenir los riesgos físicos, biomecánicos, psicolaborales y locativos se ilustran en la Figura 2.

Fig. 2. Layout aplicando SST



IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La distribución de planta se relaciona directamente con el trabajador, la seguridad y salud en el trabajo; presentándose riesgos físico, ergonómicos, locativos y por ende psicolaborales, notando que la actual distribución de planta no cumple los estándares necesarios en prevención de riesgos, esto basados en el estudio inicial de distribución de planta, por lo que se generaron alternativas para las instalaciones de la empresa teniendo como referencia la distribución de planta basada en proceso enfocada en oficinas se proponen dos oportunidades de mejora disminuyendo estas un alto índice de recorridos por movimientos, en la propuesta #1 se disminuyen 32,5 movimientos por recorrido y en la #2 se disminuyen 30,5 movimientos por recorrido, plasmando con este dos layout que mejoran totalmente la distribución, contribuyen al medio en el que se desempeñan los trabajadores disminuyendo la exposición a riesgos y aumentando la productividad con un factor agregado y no menos importante el cual es el costo de construcción de la propuesta #1 que es la más viable ya que no solo cumple seguridad y productividad si no que sus costos son menores a la propuesta #2.

Se recomienda como estrategia realizar la construcción de las nuevas instalaciones de la empresa JDOG basados en el layout de la propuesta #1 que garantiza una distribución eficiente, cumpliendo además con normas de seguridad y salud en el trabajo y adaptándose a los 6 principios básicos de distribución de planta.

REFERENCIAS

[1] Ahumada, Cassio B., Quddus, Noor, Mannan, M.Sam, A Method for facility layout optimisation including stochastic risk assessment. Reference: PSEP 1406. (2018)

[2] Latifi, S.; Mohammadi, E And Khakzad, N.: Process Plant Layout Optimization with Uncertainty and Considering Risk. In:Computers and Chemical Engineering. Reference: CACE 5824. (2017)

[3] Xin Ning, Jingyan Qi, Chunlin Wu. A quantitative safety risk assessment model for construction site layout planning. Safety Science 104 (2018) 246–259.

[4] Mancera, María José. FACTORES DE RIESGOS LOCATIVOS. MANCERA SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (Base de datos en línea). P.2. Disponible en SCIELO.COM.

[5] Perez, P.: An approach to industrial facility layout evaluation using a performance index, Revista de Administração de Empresas (56) 5, 533-546 (2016)

RIDING Vol. 3

Revista de Investigaciones, Desarrollo e Innovación en Ingenierías



UNIPAZ
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE LA PAZ

ESCUELA DE
INGENIERÍA DE
PRODUCCIÓN

GREIP
GRUPO DE INVESTIGACIÓN
EN REINGENIERÍA, INNOVACIÓN
Y PRODUCTIVIDAD

Barrancabermeja - Colombia