

Definir las variables críticas del proceso de filtrado en la Planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas de la empresa Locería Colombiana

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Vanessa Pareja Contreras

**Asesora
Edith Cristina Medina Cano
Ingeniera Ambiental
Especialista en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Peligrosos**

**Corporación Universitaria Lasallista.
Facultad de Ingenierías
Ingeniería Ambiental
Caldas-Antioquia
2019**

Contenido

Introducción	6
Objetivos.....	7
Objetivo general	7
Objetivo específicos	¡Error! Marcador no definido.
Planteamiento del problema	8
Justificación	9
Impacto tecnológico	9
Impacto social y económico	9
Marco Teórico.....	10
Información general	14
Descripción de la empresa.....	14
Etapas del proceso	14
Descripción del proyecto.....	16
Herramientas de análisis	19
Descripción de la matriz de la matriz de impactos ambientales.....	24
Medio afectado:	24
Calificación impacto:	24
Frecuencia:	24
Probabilidad:	24
Severidad:	25
Alcance:.....	25
Reversibilidad:.....	25
Evaluación social:	25
Legislación:.....	25
Calificación final:.....	26

Priorización por proceso:.....	26
Resultados.....	27
Análisis de resultados.....	28
Conclusión.....	29
Recomendaciones.....	30
Referencias.....	31

Lista de tablas

Tabla 1. SIPOC: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes..... 19

Tabla 2. AMEF: Matriz de análisis de modo y efecto de falla 20

Tabla 3. Identificación, evaluación y valoración de impactos ambientales.. **¡Error!**

Marcador no definido.

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Sistema de tratamiento de agua residual no domestica (ARnD) .	12
Ilustración 2. Foto sistema de filtración.....	13
Ilustración 3. Esquema sistema de filtración.....	13
Ilustración 4. Comportamiento de la turbiedad.....	27
Ilustración 5. Análisis de capacidad	27

Introducción

La importancia de tratar el agua a nivel industrial parte en primer lugar de la necesidad de dar cumplimiento a la resolución 0631 de 2015 y el de decreto 3930 de 2010, y en segundo lugar con el objetivo de disminuir los consumos de agua en las empresas y sus costos asociados fortaleciendo el programa de uso eficiente del recurso agua, al adecuar el agua por medio de procesos físico químicos para poderla reincorporar al proceso, logrando el ahorro deseado y contribuyendo al manejo de ciclos cerrados bajo la implementación de la economía circular.

Este proyecto tiene la finalidad de definir las variables críticas en el proceso de filtrado de la PTARnD (Planta de tratamiento de aguas residuales no domésticas) para asegurar una turbiedad en el efluente ≤ 2 UNT, permitiendo que la calidad en el efluente sea la requerida para el proceso de producción.

Estas variables se definirán por el medio del análisis de las mediciones obtenidas periódicamente por un tiempo establecido en la PTARnD, las cuales se realizarán a la entrada y salida del sistema de filtración, determinando la eficiencia de los filtros y su importancia en el proceso de clarificación del agua.

Objetivos

Objetivo general

Definir las variables críticas del proceso de filtrado en la PTARnD, con el fin de obtener una turbiedad en el efluente ≤ 2 UNT.

Objetivos específicos

Identificar el medio filtrante.

Identificar las características del agua a la entrada y salida de los filtros.

Identificar las características del medio filtrante tales como la distribución granulométrica, el tamaño y la forma de la partícula.

Planteamiento del problema

El tratamiento de las aguas residuales busca por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos, devolverle algunas características al agua, que por el proceso en el que ha estado ha perdido o han sido modificadas. (Pérez, 1990)

La PTARnD busca tratar el agua de los procesos productivos con el fin de adecuarla para su posterior uso en los procesos productivos de la empresa, maneja un ciclo cerrado contribuyendo así con la disminución en el impacto por agotamiento del recurso hídrico y contaminación del agua.

La PTARnD de la empresa cuenta con unos procesos fisicoquímicos como la floculación, coagulación, sedimentación, filtración y desinfección.

En el proceso de filtración no se tienen definidas las variables críticas que permitan un resultado estable y eficaz, lo que conlleva a mucha variación en los resultados, es por eso que resulta relevante la ejecución de este proyecto con el fin de definir las variables críticas con el propósito de lograr un efluente estable con una turbiedad menor o igual a 2NTU, buscando asemejar las condiciones del agua potable que ingresa a la planta para el cumplimiento de los estándares de calidad del producto terminando y la vida útil de los equipos expuestos a este tipo de agua.

Justificación

Impacto tecnológico

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se emplea la metodología de medición periódica de la turbiedad, la conductividad, la presión y el caudal al agua de entrada y salida de los filtros , con el fin de registrar y analizar los datos, para obtener las variaciones de los parámetros en el tiempo de filtrado, antes y después del retrolavado, y por medio de la teoría definir las variables críticas a controlar en el proceso de filtrado para garantizar un efluente con una turbiedad ≤ 2 UNT, obteniendo unas condiciones óptimas para enviar el agua al proceso productivo de la empresa, o al sistema de alcantarillado cuando se requiera.

Impacto social y económico

El proyecto busca definir las variables críticas que se deben mantener estables en el proceso de filtración, que permitan garantizar un efluente en la PTARnD ≤ 2 UNT, como cumplimiento de las condiciones deseadas en el agua para el proceso productivo, considerando que la empresa recolecta, trata y reincorpora el agua residual no doméstica al proceso productivo, como aplicación del concepto de economía circular adoptado por el gobierno en noviembre del año pasado el cual se define en 9R: Repensar, Reutilizar, Reparar, Restaurar, Remanufacturar, Reducir, Re-proponer, Reciclar y Recuperar. Definiendo las condiciones de operación óptimas para garantizar la vida útil de los componentes y realizar mantenimientos preventivos evitando el paro del sistema.

Marco Teórico

El tratamiento de las aguas residuales de origen industrial conocidas como ARnD (Aguas residuales no domesticas) busca retirar los compuestos adquiridos en los procesos productivos con el fin de devolverle las características iniciales al agua, para ser vertidas al alcantarillado, o a las fuentes receptoras y en el mejor de los casos para ser reincorporadas a los procesos productivos por medio de tratamientos físicos, químicos y en ocasiones biológicos. (Arboleda, 2000)

La resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, y define las ARnD como las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a la que constituyen aguas residuales domesticas (ARD).

Con el fin de dar cumplimiento a la resolución antes mencionada se establecen unos trenes de tratamiento que permitan entregar un efluente con las condiciones deseadas.

El tratamiento convencional consiste en una coagulación que es la adición de coagulantes con el fin de desestabilizar las partículas suspendidas en una mezcla rápida y la formación de flocs, permitiendo en la floculación una aglomeración de los mismos, adquiriendo un peso mayor, para que por gravedad puedan llegar al fondo del tanque, ejecutándose así el proceso de sedimentación; hasta este punto teóricamente ya se debe haber removido aproximadamente un 90% de la turbiedad y el color, para obtener una clarificación final se hace pasar el agua por unos filtros que busca remover

ese % restante de turbiedad, evitando así que esta cree interferencia con los microorganismos en el proceso de desinfección que sería el último tratamiento convencional. (Pérez, 1990)

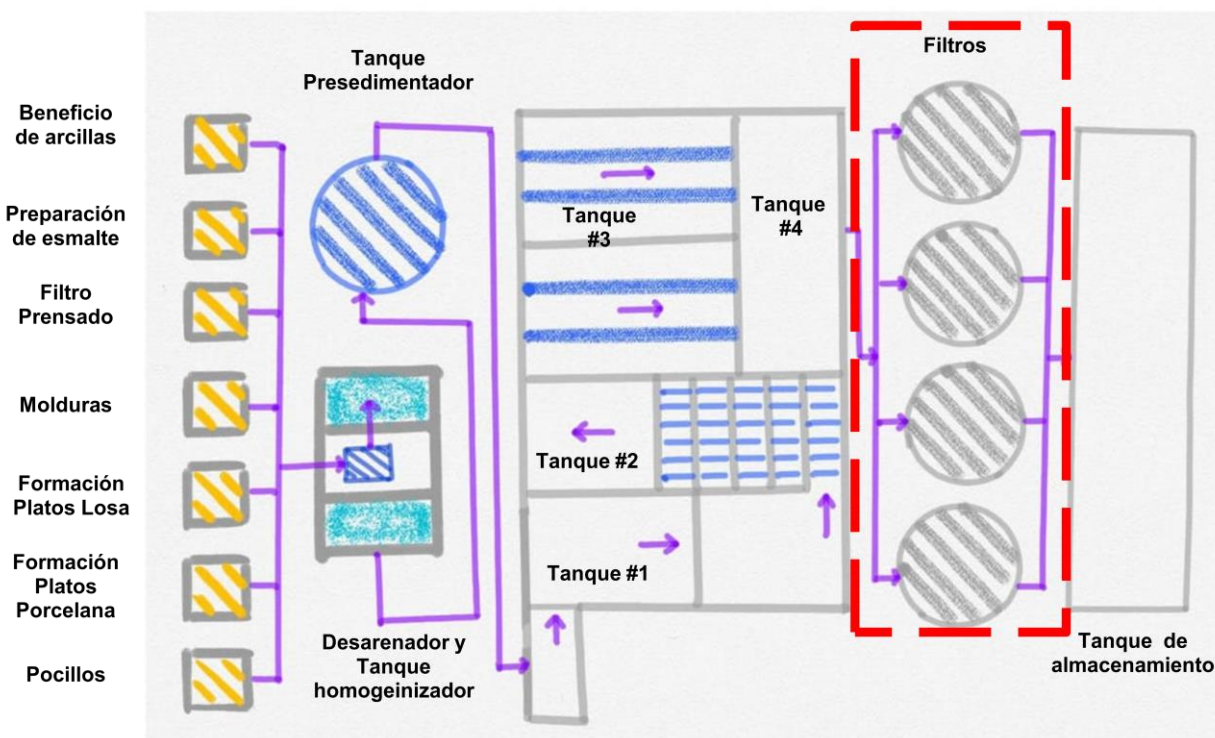
Particularmente en la empresa Locería Colombiana el proceso de tratamiento del ARnD, inicia con la recolección de la misma en las cajas de sedimentación primaria en las áreas de beneficio de arcillas, preparación de esmalte, filtro prensado, molduras, formación platos losa, formación platos porcelana y pocillos, estas cumplen la función de sedimentar los sólidos más pesados y reducir la carga contaminante que va para la PTARnD; luego el agua es bombeada al tanque desarenador, el cual cumple la misma función de las cajas de sedimentación primaria, posteriormente el agua pasa al tanque homogeinizador, este tanque homogeiniza los sólidos suspendidos y se encarga de que el caudal de entrada a la planta sea constante, posteriormente es enviada al vertedero que se encuentra al ingreso de la PTARnD donde se adicionan el coagulante y el floculante, así ingresa el agua al tanque #1 el cual cuenta con aireación para que el proceso de floculación sea más eficiente, luego pasa al tanque #2 donde los flocs continúan adquiriendo peso para pasar al tanque #3 y sedimentarse, luego pasan al tanque #4 para almacenarse mientras pasan al sistema de filtración, el cual está compuesto de cuatro unidades de filtración, al salir de los filtros se realiza una desinfección y posteriormente se almacena en el tanque bohío para su distribución.

El sistema está compuesto por cuatro unidades de filtración las cuales tienen una forma cilíndrica vertical, los filtros están formados por un medio filtrante de una capa de arena y otra de antracita, el medio filtrante va sobre varias capas de grava de granulometría diferente, el agua ingresa a los filtros por bombeo de forma descendente

y la filtración funciona en serie, el retrolavado se hace de forma ascendente por bombeo y con agua del bohío cuando el manómetro ubicado en la tubería de entrada indica que la presión esta alrededor de 50 psi.

Los filtros según su clasificación en cuanto al sentido del flujo son descendentes, son los que utilizan el flujo de agua hacia abajo, según el medio filtrante son de lecho mixto porque tienen 2 materiales, arena y antracita. (Romero, 1995)

Ilustración 1. Sistema de tratamiento de agua residual no domestica (ARnD)



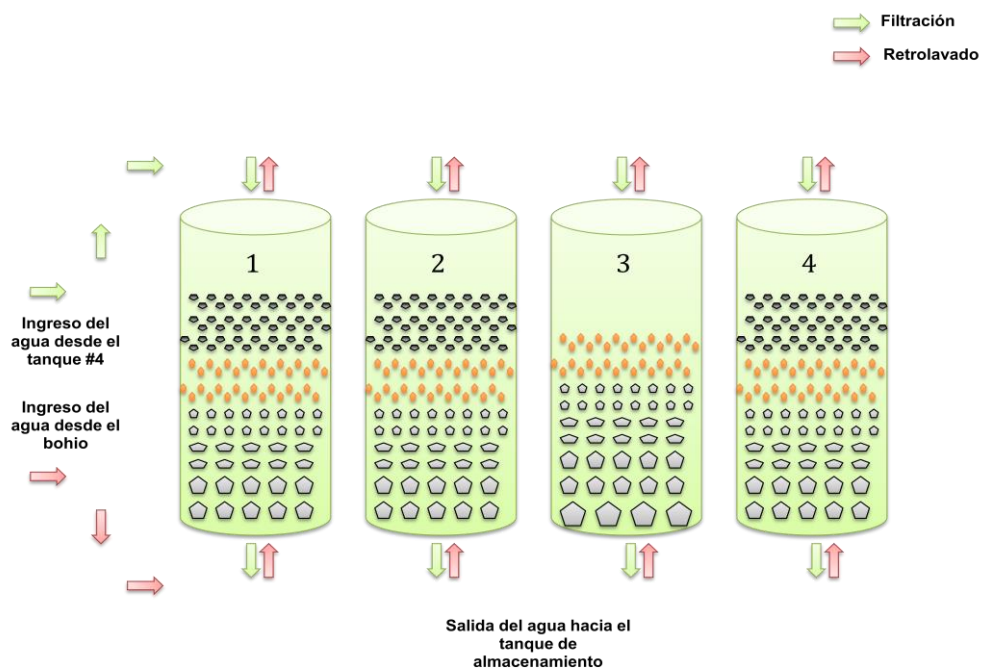
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2. Foto sistema de filtración



Fuente: Foto tomada en la PTARnD de Locería Colombiana el 26/04/2019

Ilustración 3. Esquema sistema de filtración



Fuente: Elaboración propia

Información general

Descripción de la empresa

La empresa Locería Colombiana realiza su proceso productivo en dos en plantas, en la primera se realiza todo el proceso de transformación de materias primas y formación de piezas; en esta se encuentran las áreas de preparación pasta, preparación de esmalte, molduras, formación de platos de porcelana, formación de platos loza, y formación pocillos. En la otra planta se realiza el proceso de serigrafía, allí se fabrican las calcomanías para la decoración de las piezas, además en esta planta también se encuentra el área de decoración de la obra esmaltada y el área de empaque.

Etapas del proceso

Recepción de materias primas: Se hace una verificación del cumplimiento de las especificaciones en las fichas técnicas de cada uno de los materiales.

Beneficio de arcillas: Consiste en someter a una dispersión de agua a las diferentes arcillas y caolines que se utilizan para la elaboración de la pasta cerámica, con el fin de retirar las partículas y los elementos indeseados

Ensamble de pasta: Con los materiales duros molidos, las arcillas y los aditivos químicos, se realiza la formulación de la pasta que se va a utilizar en los demás procesos de formación de las Vajillas.

Atomizado y filtroprensado: Son dos procesos que preparan la pasta para la formación de las piezas, el atomizado, consiste en retirar el agua de las pastas vía

aspersión, quedando un polvo granulado que se utiliza en el prensado hidrostático y el filtro prensado, consiste en retirar el agua por filtración, formando una pasta plástica, llamada galleta que se utiliza en los procesos de formación por forjado.

Procesos de formación: Entre ellos se tiene la formación por colaje de las piezas especiales tipo jarras, azucareras, etc.; la formación por prensado se aplica básicamente a los platos de porcelana y la formación por forjado se utiliza en los platos loza, en los pocillos loza y porcelana.

Preparación de esmaltes y colores: Se formulan y mezclan los materiales que conforman cada uno de los esmaltes y colores con los que se decoran las piezas.

Esmaltado: Es la aplicación del esmalte o vidriado a cada pieza, para luego ser cocido en los diferentes hornos. Este proceso, hace parte de los procesos de producción más limpia que posee la compañía, en el cual se da recuperación y recirculación del esmalte y recuperación del agua de lavado.

Fabricación de calcomanía: La empresa cuenta con una sub-planta, para la fabricación de calcomanías que se utilizan en el proceso de decoración de algunas piezas (bicocción), con diferentes motivos, de acuerdo a las tendencias del mercado y a las solicitudes particulares de cada cliente.

Proceso de cocción de bizcocho, esmalte y decoración: Consiste en someter las piezas a una temperatura media que oscila entre 1000 y 1200 °C y ciclos entre 2 y 24 horas, dependiendo del proceso. En estos procesos, se les da resistencia a las piezas, el brillo al esmalte y se fija la decoración.

Inspección visual-pulido y rectificado: Luego de realizarse los diferentes procesos de cocción, las piezas son sometidas a una inspección visual por parte de personal calificado, que clasifica las piezas según su grado de calidad.

Empaque y entrega: Luego de ser inspeccionado, el producto se empaca y se envía al centro de distribución para luego ser enviado a los diferentes clientes de la compañía.

Descripción del proyecto

El proyecto consiste en definir las variables críticas en el proceso de filtración de la PTARnD de la empresa Locería Colombia, que permita por medio del control de las mismas garantizar un efluente de salida con una turbiedad ≤ 2 UNT.

El proyecto inicia con la revisión de teoría, la identificación del sistema de filtración de sus componentes y su funcionamiento.

Se realizó una identificación del funcionamiento de los filtros los cuales contaban con una bomba SIHI-HALBERG 32-13 la cual se encargaba de impulsar el agua del tanque 4 a los filtros, además según sus características el filtro se puede clasificar como filtro profundo debido a que la profundidad del lecho está comprendida entre 09 - 2.4m, es de flujo descendente según el sentido del flujo, y son unos filtros presurizados ya que cuenta con sistema de bombeo.

Se realizó una identificación del medio filtrante y sus características, este estaba compuesto por gravas de diferentes tamaños desde $\frac{1}{2}$ " a M10 con una dureza de 7 en la escala Mosh, luego tenía unas capas de arena con un T.E (Tamaño efectivo) de 0.55, un C.U (Coeficiente de uniformidad) de 1.7, una esfericidad no mayor del 2% en

partículas planas con una dureza de 7 en escala Mosh y por último una capa de antracita con T.E de 1.1 a 1.6 mm, un C.U menor de 1.7.

El retrolavado en los filtros se realiza de forma ascendente y se llevaba a cabo cuando el manómetro ubicado en la tubería de entrada del agua a los filtros marcaba una presión alrededor de 50 psi.

En el filtro 3 se cambió el material filtrante y su granulometría teniendo en cuenta la teoría, las recomendaciones del proveedor y un piloto que hicimos para validar la remoción de turbiedad, se definió que el material filtrante quedaría compuesto por 5 capas de grava iniciando desde el fondo con una grava de 1½" a 1" y terminando con una grava de 1/8" a M10, y encima una capa de arena M10.

Posterior al cambio del material se inició el proceso de filtración registrando los análisis de turbiedad del efluente e identificando los criterios de los colaboradores de la PTARnD para realizar el retrolavado, si lo llevaban a cabo cuando subía la presión, o cuando la turbiedad del efluente aumentaba o cuando ya llevaba mucho tiempo funcionando el filtro.

Al analizar los resultados se encontró que a medida que pasaba el tiempo la turbiedad en el efluente aumentaba así se realizara el retrolavado y que a veces en el retrolavado la turbiedad no se removía completamente, entonces se decidió hacer el ensayo de establecer el retrolavado cada 24 horas con el fin de que el criterio para realizarlo no fueran tan subjetivo y poderlo controlar mejor, y después del retrolavado realizar un enjuague que consiste en desechar la los primeros 5 a 10 minutos el agua comprobando que la turbiedad contenida en el filtro se remueva completamente.

Para el cumplimiento del objetivo del proyecto se estableció que el retrolavado se siguiera realizando cada 24 horas con el enjuague, que además se siga llevando el registro de control de operación de filtración, se le debe realizar mantenimiento al material filtrante con el proveedor cada 6 meses, el cual consiste en retirar el lecho y lavarlo con ácidos y bases para remover los sólidos que se hayan podido adherir, además de garantizar una bomba con especificaciones iguales o similares a la motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2 de la cual se anexa la ficha técnica la cual contribuya con la eficiencia del filtro y la calidad del efluente.

Herramientas de análisis

Tabla 1. SIPOC: Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes

PROVEEDORES	ENTRADAS	TIPO DE VARIABLE	REQUERIMIENTO DEL PROCESO	Proceso	SALIDAS	Requerimiento del Cliente	CLIENTES
Vajillas Corona	PE Planetarios	SOP	Tecnólogos	Filtración	PE Planetarios	Tecnólogos	Manufactur a
Mantenimiento	Bomba	SOP	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2		Bomba	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2	
Antioqueña de Arenas	Material filtrante	SOP	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10		Material filtrante	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10	
PTARnD - Tanque #4	Agua	Controlable crítica	Clarificada		Agua	Tratada	
PE Planetarios	Turbiedad	Controlable			Turbiedad	≤ 2 UNT	
Clima	Lluvia	Ruido	N/A		N/A	N/A	
Gestión Ambiental	Condiciones básicas	SOP	Actualizadas		Condiciones básicas	Aplicadas	
Vajillas Corona	PE Planetarios	SOP	Tecnólogos	Retrolavado	PE Planetarios	Tecnólogos	Manufactur a
Mantenimiento	Bomba	SOP	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2		Bomba	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2	
Antioqueña de Arenas	Material filtrante	SOP	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10		Material filtrante	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10	
PTARnD y EPM	Agua	Controlable crítica	Tratada		Agua	Residual	
PE Planetarios	Turbiedad	Controlable	≤ 2 UNT		Turbiedad	≤ 2 UNT	
Clima	Lluvia	Ruido	N/A		N/A	N/A	
Gestión Ambiental	Condiciones básicas	SOP	Actualizadas		Condiciones básicas	Aplicadas	
Vajillas Corona	PE Planetarios	SOP	Tecnólogos	Enjuague	PE Planetarios	Tecnólogos	Manufactur a
Mantenimiento	Bomba	SOP	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2		Bomba	Motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2	
Antioqueña de Arenas	Material filtrante	SOP	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10		Material filtrante	Grava de 1½" a 1/8" y arena M10	
PTARnD y EPM	Agua	Controlable crítica	Tratada		Agua	Residual	
PE Planetarios	Turbiedad	Controlable	≤ 2 UNT		Turbiedad	≤ 2 UNT	
Clima	Lluvia	Ruido	N/A		N/A	N/A	
Gestión Ambiental	Condiciones básicas	SOP	Actualizadas		Condiciones básicas	Aplicadas	

Tabla 2. AMEF: Matriz de análisis de modo y efecto de falla

#	Función del Proceso (Paso)	Modos de Falla Potenciales (defectos de proceso)	Efectos de Fallas Potenciales (KPOVs)	SEV	Causas Potenciales de Falla (KPIVs)	OCC	Controles de Proceso Actuales	DET	RPN	Acciones Recomendadas	Persona Responsable & Fecha Objetivo	Acciones Tomadas	SEV	OCC	DET	RPN	
1	Ingreso del agua del tanque 4 a los filtros	Daño en la bomba	No ingresa el agua a los filtros	10	Falta de agua para succión	2	Control visual por parte del operario de la planta	8	160	Bomba de contingencia y mantenimiento preventivo	Gestión ambiental	Equipo con plan de mantenimiento en SAP	10	2	4	80	
					Válvula cerrada												
					Succión de aire												
		Daño en la tubería		10	2	Falta de mantenimiento preventivo	Programación y ejecución de mantenimiento preventivo	8	160	Limpieza de tuberías	Gestión ambiental	Enjuague con agua de EPM	10	2	4	80	
						Sobre presión											Manómetro
						Golpe											Control visual por parte del operario de la planta
Mal manejo de válvulas	Condiciones básicas de manejo de válvulas	8	160	Gestión ambiental													
2	Filtración	Material filtrante inadecuado	Poca retención de sólidos	10	Granulometría inadecuada	3		8	240	Definir la granulometría y realizar ensayos	PE Planetarios y Vanessa Pareja Contreras	Definir la granulometría y realizar ensayos con base en la teoría, los requerimientos de la PTARnD y las recomendaciones del proveedor	10	2	6	120	
			Rápida colmatación del material														
3	Salida del agua de los filtros hacia el bohío	Daño en la tubería	No llega al agua al bohío	10	Sobre presión	2	Manómetro	8	160	Limpieza de tuberías	Gestión ambiental		10	2	8	160	
					Golpe		Control visual por parte del operario de la planta				PE Planetarios						

					Mal manejo de válvulas	Condiciones básicas de manejo de válvulas				Gestión ambiental					
4	Retrolavado	Retrolavado ineficiente	Saturación del material filtrante	9	Remoción incompleta del lodo del material filtrante	6	10	540	Retrolavado eficiente y periódico	PE Planetarios	Igualando la turbiedad final del retrolavado con la turbiedad de entrada, retrolavando una vez por día y finalizando con enjuague	9	2	6	108
		No se realiza el retrolavado		10	Nivel bajo de suministro de agua Contaminación del agua de suministro Falta de presión en el circuito 2 Caudal de entrada muy alto Mucho lodo a la entrada	2	8	160	Control de gestión ambiental	Gestión ambiental		10	2	8	160
5	Medición y registro de parámetros de control	Datos erróneos No tomar los datos	No hay registro de datos	9	Equipos descalibrados	Calibración de equipos	8	144	Control de gestión ambiental	Gestión ambiental		9	2	8	144
				2	Múltiples ocupaciones	Asignación de tiempo para la medición de parámetros				Gestión ambiental					

Tabla 3. Identificación, evaluación y valoración de impactos ambientales.

Proceso	Subproceso	Actividad	Aspecto ambiental	Impacto ambiental	Medio afectado	Calificación Impacto	Frecuencia	Probabilidad	Severidad	Alcance	Reversibilidad	Evaluación social	Legislación	Calificación Final	Priorización por proceso
Tratamiento de agua	Filtración	Filtración del agua clarificada	Consumo de energía eléctrica a por bombeo de agua clarificada	Agotamiento de recursos naturales	O	N	5	3	1	2	1	1	1	175	BAJA
		Filtración del agua clarificada	Generación de ruido por el funcionamiento de las bombas	Contaminación Acústica	A	N	5	2	1	1	1	1	1	150	BAJA
		Retrolavado	Consumo de energía eléctrica a por bombeo de agua tratada	Agotamiento de recursos naturales	O	N	4	3	1	2	1	1	1	165	BAJA
		Retrolavado	Consumo de agua tratada	Agotamiento de recursos naturales	W	N	4	1	1	1	1	1	1	130	BAJA
		Retrolavado	Generación de agua residual	Contaminación del agua	W	N	4	1	1	1	1	1	1	130	BAJA
		Análisis de parámetros	Generación de residuos peligrosos	Contaminación al suelo	S	N	5	1	2	2	1	1	1	175	BAJA
		Análisis de parámetros	Consumo de insumos	Agotamiento de recursos naturales	O	N	5	1	1	2	1	1	1	155	BAJA

		Cambio de lecho	Generación de residuos especiales (antracita y arena)	Contaminación al suelo	S		1	1	1	2	1	1	1	115	BAJA
		Cambio de lecho	Consumo de material filtrante	Agotamiento de recursos naturales	S	N	1	2	1	2	1	1	1	125	BAJA

Descripción de la matriz de la matriz de impactos ambientales

Medio afectado:

W: Agua A: Aire S: Suelo P: Paisaje O: Otros

Calificación impacto:

P: Positivo (Beneficioso)

N: Negativo (Adverso)

Frecuencia:

1: Una vez al año o mayor

2: Una vez al mes

3: Una vez a la semana

4: Una vez al día

5: Continuo

Probabilidad:

1: Prácticamente improbable Cuando las condiciones de operación son intrínsecamente seguras, y sólo una acción muy inusual podría provocar el impacto.

2: Poco probable Cuando están previstas condiciones de operación más seguras que en el siguiente punto, pero aun así es factible la ocurrencia del impacto.

3: Bastante probable Cuando la probabilidad de que el impacto ocurra se incrementa debido a que:

- Falta capacitación, entrenamiento, experiencia o procedimientos escritos.

- No hay monitoreo o aviso de alarma temprana.

4: Segura Cuando dadas las características del proceso, el impacto ocurre con toda seguridad.

Severidad:

Se calculan con base en la cantidad y la peligrosidad:

1: Baja 2: Moderada 3: Media 4: Alta 5: Muy alta

Alcance:

1: Local El impacto queda confinado dentro de LC

2: Zonal El impacto trasciende los límites de la compañía (afecta a un curso superficial o subterráneo de agua, la atmósfera, genera un residuo que será gestionado fuera de la planta, etc.).

3: Global El impacto tiene consecuencias a nivel nacional o mundial.

Reversibilidad:

1: Reversible Cuando las consecuencias del impacto se pueden disminuir o controlar a través de una acción concreta, siempre que ésta sea técnica y económicamente razonable.

2: Irreversible Cuando el medio afectado no se puede recuperar.

Evaluación social:

1: No existen quejas o reclamaciones.

2: Existen quejas o manifestaciones informales no justificadas.

3: Existen fuertes quejas o manifestaciones formales justificadas.

Legislación:

1: Existe y se cumple

2: No existe

3: Existe y no se cumple o no se sabe si se cumple

Calificación final:

Se obtiene mediante la siguiente fórmula:

Calificación Final = Frecuencia x Probabilidad x Severidad x Alcance x Reversibilidad x
Evaluación social x Legislación

Priorización por proceso:

BAJA (Verde), MEDIA (Amarillo), ALTA (Rojo)

Resultados

Ilustración 4. Comportamiento de la turbiedad

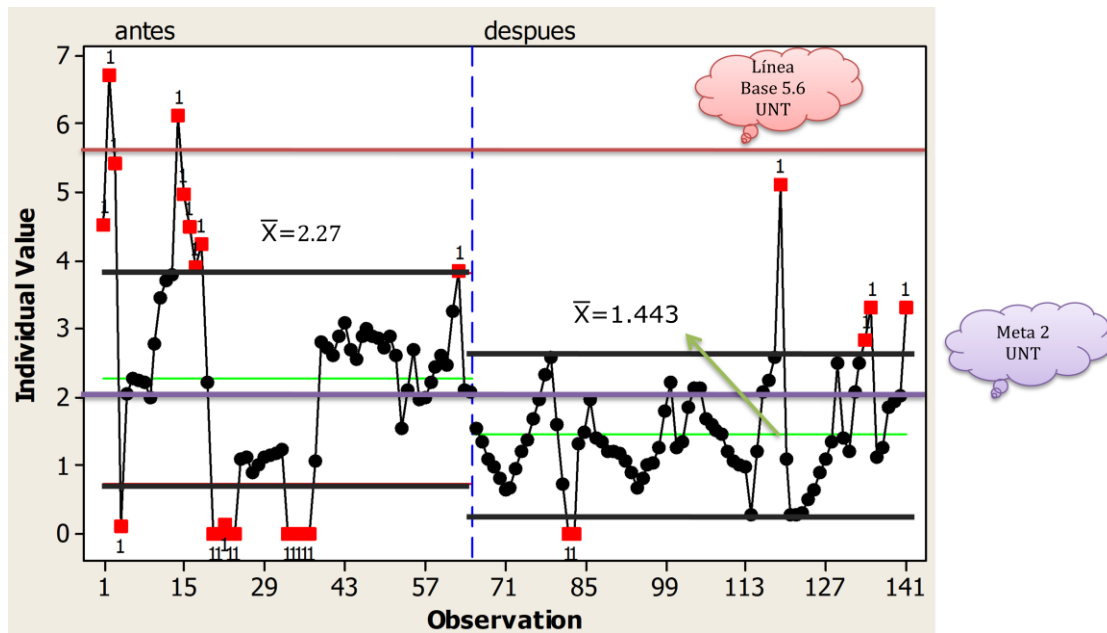
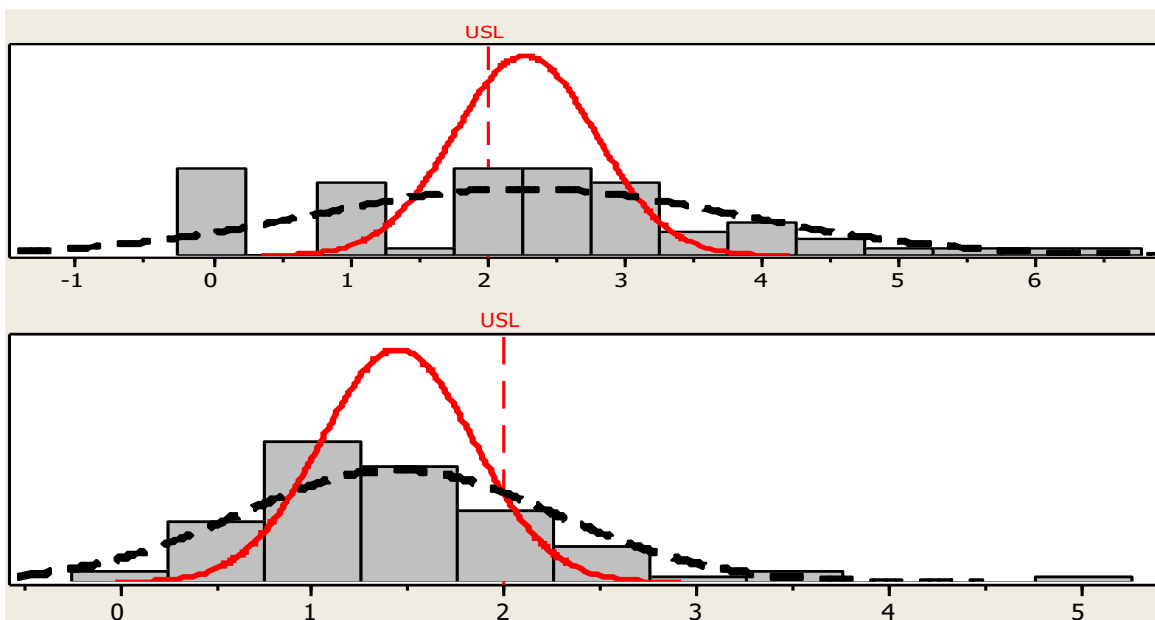


Ilustración 5. Análisis de capacidad



Análisis de resultados

En la primera grafica se muestra el comportamiento de la turbiedad en el desarrollo del proyecto el cual tenía como línea base una turbiedad de 5.6 UNT, al cambiar el material filtrante del filtro #3 está bajo a un promedio de 2.27 UNT, y con la mejora en el método, la frecuencia del retrolavado y la implementación del enjuague esta fue bajando hasta un promedio de 1.443 UNT, teniendo en cuenta que la meta del proyecto era ≤ 2 UNT.

Los otros dos diagramas son el análisis de capacidad los cuales muestran cómo se fueron desplazando los datos hacia los límites establecidos en el desarrollo del proyecto, a medida que se fueron implementando las mejoras y definiendo las variables críticas del proceso de filtración.

Conclusión

Se concluye que las variables críticas en el proceso de filtración, son: 1) el material filtrante, este debe tener una granulometría específica de grava desde 1½" hasta M10 y arena torpedo, en las cantidades y especificaciones de calidad estipuladas. 2) el método y frecuencia para realizar el retrolavado, se definió que se realizara cada 24 horas con agua con una turbiedad ≤ 5 UNT durante 40 min con el fin de alcanzar esta turbiedad en el agua de lavado de las unidades de filtración. 3) el método y frecuencia del enjuague, se debe realizar después de finalizar el retrolavado con agua con una turbiedad ≤ 2 UNT durante 20 min con el fin de alcanzar esta turbiedad en el agua de enjuague de las unidades de filtración.

Recomendaciones

Se recomienda asegurar las condiciones del sistema de bombeo y la bomba que cumpla con las especificaciones de la motobomba IHM 20H-7.5TW referencia: 63920000A2 o unas especificaciones muy similares con el fin de garantizar una adecuada presión del afluente.

Se recomienda realizar adecuaciones a las tuberías del sistema de filtración con el fin de poner a funcionar los filtros de manera independiente de tal forma que mientras se realice el retrolavado a una unidad las otras puedan estar filtrando y así garantizar una filtración continua.

Referencias

Arboleda. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill

Pérez. (1990). Manual de potabilización del agua. Medellín: Universidad Nacional

Romero. (1995). Acuípurificación. Santafé de Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.