

**METODOLOGÍA GERENCIAL PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS VARIABLES DE CALIDAD
EN LODOS SECUNDARIOS GENERADOS EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
EN LA SABANA NORTE DE BOGOTÁ.**



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

AUTOR

JULIAN CAMILO QUIROGA MORENO

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS

Director:

JUAN MANUEL GONZÁLEZ GUZMÁN

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

BOGOTÁ, 03 FEBRERO 2021



**METODOLOGÍA GERENCIAL PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS
VARIABLES DE CALIDAD EN LODOS SECUNDARIOS GENERADOS EN
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA SABANA
NORTE DE BOGOTÁ.**

Trabajo de grado presentado por
JULIAN CAMILO QUIROGA MORENO
como requisito parcial para optar al título de
MAGISTER EN GERENCIA DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN GERENCIA DE PROYECTOS

Bogotá D.C., Colombia

2020

**METODOLOGÍA GERENCIAL PARA EL CONTROL Y SEGUIMIENTO DE LAS
VARIABLES DE CALIDAD EN LODOS SECUNDARIOS GENERADOS EN
PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA SABANA
NORTE DE BOGOTÁ.**

JULIAN CAMILO QUIROGA MORENO

APROBADO:

Juan Manuel González Guzmán

Tutor

David Sánchez

Firma

Nelson Londoño

Firma

Bogotá, octubre 09 de 2020

Agradecimientos

Agradezco a Dios primeramente por bendecir y guardar día tras día la vida de mi familia y la mía, brindando oportunidades únicas y permitiéndonos culminar etapas junto con las personas que amamos. Gracias a Dios porque ha sido el que ha puesto la sabiduría y las fuerzas para seguir adelante con mi crecimiento y el cumplimiento de mis metas trazadas. Gracias a Él puedo compartir mis triunfos al lado de las personas que amo y que son importantes en mi vida.

Gracias a mis padres, quien sin flaquear siempre se preocuparon por satisfacer mis necesidades y son los encargados de que hoy, muchas de mis metas trazadas se encuentren cumplidas. Ellos han sido los promotores de mis sueños, de mis metas y desde chico, hacerme entender lo que realmente importa en la vida, el amor a Dios y la familia, el respeto por los demás y la integridad para poder alcanzar nuestras metas. Son ellos los responsables que hoy, con ilusión, esté a portas de terminar una etapa más en mi vida con la total complicidad de ellos. Agradezco a mis padres por cada apoyo económico y emocional que durante todo este tiempo he recibido por parte de ellos sin importar las dificultades que en su momento atravesé, el amor recibido por ellos no tiene comparación.

Gracias a la Universidad Militar Nueva Granada, la institución que me abrió las puertas para poder escalar un peldaño más en mi vida académica y profesional. Así mismo, agradezco enormemente a mi tutor en quien siempre encontré un respaldo y disposición para guiarme en mis conocimientos e investigaciones con el fin de cumplir con la calidad del proyecto y ser parte del cumplimiento de esta etapa de mi vida.

Gracias a cada persona cercana a mi vida que insistentemente se preocupó por mi avance en este estudio y que ha impartido aliento para continuar adelante con el cumplimiento a satisfacción de este proyecto, así como a las personas e instituciones que pusieron su grano de arena para la elaboración de esta tesis.

Tabla de Contenido

RESUMEN.....	VI
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	5
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE.....	7
CAPÍTULO 3: MARCO DE REFERENCIA	9
3.1 Marco Conceptual	9
3.2 Marco teórico	10
3.2.1 Metodología SCRUM	10
3.2.2 Metodología PMBOK (Gestión de proyectos por PMI)	11
3.2.3 Gestión y tratamiento de lodos	14
3.3 Marco legal	17
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA	18
4.1 Selección de la muestra	19
4.2 Metodología de recolección de datos	21
4.3 Metodología de recolección de datos	23
4.3.1 Estandarización	26
4.3.2 Medición	26
4.3.3 Ciclo de mejora continua	28
4.4 Análisis y resultados	31
4.4.1 Estandarización	31
4.4.2 Medición	36
4.4.3 Control de la calidad	40
4.5 Evaluación metodología gerencial	42
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	45
6. REFERENCIAS	46

Lista de abreviaturas

BS: Biosólidos

DANE: Departamento administrativo nacional de estadística

MO: Materia Orgánica

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales

PMI: Project Management Institute

PMBOK: Instrumento para las buenas prácticas en proyectos

Resumen

En la actualidad, la Gerencia de Proyectos y sus diferentes herramientas han demostrado la utilidad de su implementación en las organizaciones; una de ellas, generar apoyo en la resolución de distintas problemáticas que se pueden generar en un proyecto. Esta investigación pretendió implementar una metodología gerencial con enfoque PMI, para la gestión de lodos de las plantas de tratamiento de agua residual en construcción y/o optimización localizadas en Cundinamarca – Colombia. La investigación analizó la viabilidad de brindar un valor agregado en los procesos de tratamiento y disposición de lodos secundarios; para ello se determinaron los procesos que presentaban debilidades para brindar la mejora esperada según la metodología escogida, mitigando tanto los impactos ambientales como la reducción de costos sin afectar su proceso y poder mejorar su aprovechamiento. Se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva sobre el estado del arte de las plantas de tratamiento de agua residual, con el fin de delimitar métodos y procesos vigentes para brindar una mayor factibilidad a la validación de la metodología y proponer cambios a las entidades a su cargo, con lo se realizó una propuesta metodológica según lineamientos de PMBOK en su versión más reciente, además de realizar un análisis a las muestras seleccionadas para el caso. Fue posible concluir que las PTAR que intervinieron en la investigación presentan falencias en sus procesos y no tienen una documentación que permita estandarizar los procesos de calidad en sus variables, lo que lleva a un aumento de costos y tiempo en la gestión de lodos.

Palabras clave: Metodología gerencial, gestión de lodos, Planta de tratamiento de aguas residuales, PMI, SCRUM, seguimiento y control.

Abstract

Currently, Project Management and its different tools have shown the usefulness of its implementation in organizations; one of them, to generate support in the resolution of different problems that can be generated in a project. This research sought to implement a management methodology with a PMI approach, for the management of sludge from wastewater treatment plants under construction and / or optimization located in Cundinamarca - Colombia. The research analyzed the feasibility of providing added value in the secondary sludge treatment and disposal processes; For this, the processes that presented weaknesses were determined to provide the expected improvement according to the chosen methodology, mitigating both the environmental impacts and the reduction of costs without affecting their process and being able to improve their use. An exhaustive bibliographic review was carried out on the state of the art of wastewater treatment plants, in order to delimit current methods and processes to provide greater feasibility for the validation of the methodology and to propose changes to the entities in charge, with which a methodological proposal was made according to PMBOK guidelines in its most recent version, in addition to performing an analysis on the samples selected for the case. It was possible to conclude that the WWTP that intervened in the investigation have shortcomings in their processes and do not have documentation that allows the quality processes in their variables to standardize, which leads to an increase in costs and time in the management of sludge.

Key words: *Management methodology, sludge management, Wastewater treatment plant, PMI, SCRUM, monitoring and control.*

Capítulo 1: Introducción

La sabana de Bogotá es un sector de alto crecimiento poblacional en los últimos 10 años, la construcción y el establecimiento de diferentes comercios ha llevado a que sea una zona de generación económica y atractiva para la compra de vivienda, de esta forma se considera pertinente contar con PTAR adecuadamente establecidas que permitan tratar de manera oportuna las aguas residuales generadas por la población. Los lodos activados se definen como sistemas biológicos que se dan en el agua residual de forma aerobia o anaerobia. Este proceso se utiliza tanto en aguas industriales como domésticas desde hace aproximadamente 100 años, el diseño e implementación de una planta de tratamiento de agua residual (PTAR) fue empírico en sus inicios, sin embargo para la década de los años sesenta se vio la necesidad de mejorar este proceso y en especial el de lodos activos, se estableció mediante observación que al exponer el agua contaminada a aireación durante un periodo de tiempo establecido, es posible reducir la cantidad de materia orgánica (MO) presente (Ramalho, 2016). Con base en los avances en el área de aguas residuales, se ve la necesidad de proponer metodologías óptimas para el tratamiento de lodos activos, creando un modelo de control y seguimiento sobre las variables de calidad, es importante tener en cuenta todas las referencias bibliográficas e identificar riesgos potenciales o indicadores que determinen un factor de mejora para el control y seguimiento de la calidad de los subproductos de lodos.

Es importante mencionar que existen varias opciones para el tratamiento de aguas residuales, en el presente documento nos enfocaremos en el proceso secundario del mismo, los lodos activados es la tecnología común denominador en las PTAR, en este proceso se opta por tener una forma de recircular los lodos sedimentados permitiendo la cantidad de biomasa óptima (Macías, 2013).

Agrupar y revisar información respecto a metodologías gerenciales en el tratamiento secundario de aguas residuales es dispendioso ya que no existen informes que demuestren una investigación específica por el tema o la incumbencia de la gerencia de proyectos en el tema. Sin embargo, se muestran varias teorías de mejoras en el tratamiento y optimización de los recursos utilizados. Un estudio de la Universidad Central afirma que las PTAR que vierten sus aguas en la cuenca del Río Bogotá, que son en promedio 63, no cuenta con información actualizada y que

permita determinar si cumplen con las normas establecidas, textualmente del informe de la Universidad se cita *“El estado actual de las plantas es deficiente y la mayoría utilizan tecnologías relacionadas con procesos biológicos que generan gases como metano, dióxido de carbono y dióxido de nitrógeno”* (Universidad Central, 2018). Por medio del presente trabajo se ampliarán las herramientas para el control y seguimiento en la calidad de los lodos secundarios generados en las PTAR los cuales han sido de gran interés en los últimos tiempos debido a contaminación de las aguas que presente la Sabana del Norte de Bogotá.

1.1 Planteamiento del problema

En todo proyecto existen limitantes que pueden determinar la vida útil del mismo, esta ha sido denominada como múltiple restricción, incluyendo tiempo, costo, riesgo, alcance, calidad, recursos y satisfacción del cliente (Ruck, 2016). Uno de los retos es buscar en forma permanente la eficiencia en el manejo y el balance de la múltiple restricción, motivo por el cual es válido aplicar metodologías gerenciales, las cuales permitan controlar los riesgos y hacer el seguimiento a los posibles eventos en cualquier tipo de proceso. Las PTAR de la sabana del norte de Bogotá, cuentan con procedimientos establecidos para el control de sus procesos, se tiene evidencia que fue posible identificar que varias de las plantas de la muestra aseguraron no tener algún procedimiento que les permita identificar variables de calidad en el proceso de tratamiento de lodos, por esta razón no existen datos que demuestren un cumplimiento de la normatividad vigente de aguas residuales en Colombia, pues estas después de ser tratadas deben ser vertidas a los cuerpos de agua.

Para el caso de una PTAR, desde la etapa de diseños se hace necesario tener en cuenta la capacidad para la cual va a operar, carga que está directamente relacionada con el número de la población que dispone sus aguas residuales para ser tratadas, y el rendimiento que se espera obtener entre tantas variables, sin embargo, el correcto funcionamiento de una PTAR depende que todos los factores que inciden en su proceso.

En Bogotá D.C. y Cundinamarca, en la última década ha incrementado el número de su población; según el DANE, en el mapa de inmigración del año 2018, por cada 1000 personas han inmigrado 12 personas a la ciudad, y teniendo en cuenta una población de 8 millones de habitantes,

habría un crecimiento aproximado de 96.000 habitantes lo que contribuye a la carga de aguas residuales a tratar (DANE, 2019). El principal componente de las aguas residuales incluye sedimentos sólidos como arenas y lodos, siendo estos últimos un volumen resultante entre el 0,25% y el 12%, con alto contenido de MO que al verterse en las fuentes hídricas causan impactos irreversibles tanto a largo como corto plazo, haciéndose necesario un tratamiento biológico. (Hammeken Arana & Romero, 2005).

A medida que una PTAR empieza a procesar estas aguas residuales, se generaran otros subproductos adicionales del proceso de tratamiento, estos a su vez, generan un gran impacto ambiental en las zonas perimetrales aledañas a la PTAR, afectando la calidad en el ambiente, los cuales pueden ser potenciales para propagar diferentes tipos de enfermedades infecciosas en la población vulnerable de cada zona.

Esta investigación nace la necesidad de proponer un modelo de gestión para el control de los subproductos como lodos y analizar la calidad en la que se están ejecutando los procesos de tratamiento de estos, teniendo en cuenta como referentes algunos principios importantes de las metodologías de proyectos como PMI entre otras, con lo cual vale la pena preguntarse: ¿Se ejerce un control real en el proceso de las PTAR teniendo en cuenta metodologías gerenciales? ¿Se utilizan modelos eficaces para el control del tratamiento de lodos? Es por esto que surge la necesidad de realizar la presente investigación.

1.2 Justificación

En los últimos tiempos ha incrementado el interés por preservar el medio ambiente y se ha motivado un esfuerzo por mitigar los impactos que se están generando por la producción y tratamiento de los desechos orgánicos y los subproductos derivados de los mismos, es por esta razón que se justifica la necesidad de implementar una metodología que permita direccionar y gestionar estos impactos.

Dentro de cualquier diseño para la construcción de una PTAR se contempla el tratamiento de los lodos y la disposición de los mismos, su objetivo es separar mayormente la humedad, esto

dependerá de la zona geográfica (Peñaranda Gonzalez, Montenegro Gómez, & Giraldo Abad, 2017).

Desde las etapas iniciales es importante implementar un control y seguimiento sobre cada uno de los procesos, las empresas actualmente son estructuradas por unidades, las cuales, para poder ser congruentes entre sí y funcionar, deben hacerlo de la manera planeada por las mismas organizaciones, muchas veces debido al crecimiento económico estas deben realizar cambios abruptos afectando los procesos implementados por ende se debe utilizar el control y seguimiento como herramienta para la gestión de proyectos en general. (Nahuelhuén, 2005). Según un informe de la Universidad Central las, PTAR que vierten sus residuos en la cuenca del Río Bogotá generan un impacto negativo en el mismo y por ende aporta al problema ya conocido de gases efecto invernadero, en este documento es posible evidenciar que las PTAR emiten 6% de dióxido de nitrógeno, 16% de metano y un 55% de dióxido de carbono. En una planta de tratamiento con una tecnología antigua a la hora de tratar el agua se genera una dispersión de químicos contaminantes al ambiente, como lo es el amoníaco, el cual genera gases que se proyectan directamente al entorno y la generación de lodos los cuales deben tener un destino final que esté justificado desde el punto de vista ecológico, económico y energético (Saavedra, 2002). Por estas razones se debe realizar evaluaciones que permitan identificar los impactos ambientales y afectaciones sociales como consecuencia del funcionamiento y la operación de las PTAR, específicamente los elementos contaminantes que se depositan se traspasan al subsuelo, recurso hídrico y entornos en general.

La Guía de dirección de proyectos (Guía del PMBOK® - Sexta edición Año 2017 entrega bases y rigor para la gerencia de proyectos y define conceptos relacionados con el tema. Hace una descripción del ciclo de vida de la dirección de proyectos y los procesos relacionados (PMI, 2017). Mediante su implementación, la metodología evita la incidencia en costos innecesarios y proporciona un aprovechamiento de residuos de la gestión de lodos, ayudando a generar una mejor disposición al cambio y poder internalizar aquellos aspectos que generen sobrecostos en los procesos de la PTAR (Vera & Rodríguez, 2011). Al implementar una metodología gerencial se aplican herramientas y técnicas a las fases del proyecto cumpliendo los requisitos establecidos (García L. A., 2016). Una vez se logra adaptar la metodología gerencial a una actividad industrial

como el tratamiento de lodos se genera más rigor en el tratamiento del proceso, además se estaría aportando solución a una parte del problema ya mencionado.

1.3 Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Proponer una metodología de seguimiento y control para las variables de calidad en lodos secundarios generados en PTAR en la sabana norte de Bogotá.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el estado actual de las metodologías aplicadas al proceso de tratamiento de lodos de aguas residuales.
- Proponer una metodología de control y seguimiento que pueda ser aplicada como alternativa a la supervisión de las variables de calidad en el tratamiento de lodos secundarios generados en las PTAR.
- Analizar la metodología gerencial de control y seguimiento propuesta en el proceso de tratamiento de lodos de una planta de tratamiento de agua residual y definir su utilidad.

1.3.3. Alcance

Este estudio se considera una investigación aplicada, se tiene fuente de información documental como lo fueron las encuestas. También es posible clasificarla como una investigación mixta debido a su enfoque cualitativo y cuantitativo. Se realizó un muestreo probabilístico por el tamaño del universo. Esta se realizó en Colombia, en el departamento de Cundinamarca en algunos de los municipios de la Sabana de Bogotá durante noviembre del año 2018 hasta el mes de febrero de 2020. Es pertinente aclarar que la investigación se realizará en PTAR ubicadas en la sávana de Bogotá, esta se encuentra en el centro de la cordillera oriental y cuenta con la cuenca hidrográfica alta del río Bogotá, se encuentra a 2600 m.s.n.m, pero la rodean montañas de hasta 3600 m.s.n.m. La población de dicha región es densa y su mayoría se localiza en Bogotá (Sudirección de geología básica, 2005).

Capítulo 2: Antecedentes y Estado del Arte

Para poder contextualizar y tener un estado del arte y antecedentes de rigor se hizo una búsqueda en bases de datos como Proquest, ScienceDirect y Scielo, en la que se obtuvieron aproximadamente 110 resultados se tomaron de los cuales se escogieron los más relevantes (según la organización de relevancia de la base de datos) y apropiados para la investigación, dejando como dato final 13 resultados. En la revisión de literatura se encontraron investigaciones relacionadas con las metodologías base para el tratamiento de lodos residuales, sin especificar en la gerencia de proyectos. En una de estas, el autor menciona cómo las condiciones actuales tanto ambientales como en la sociedad, llevan a proponer acciones que optimicen los sistemas de tratamiento de aguas residuales y que resten en las consecuencias de sus impactos en su medio de trabajo. Siendo así, esta es una metodología que presenta opciones para el diseño de un sistema básico de tratamiento de lodos y que además entrega información detallada de la planta, cuantificación, diseño, costos de implementación y la disposición final de los lodos generados, en este caso se relacionan terminologías administrativas como el costo y el diseño de la implementación los cuales son conceptos mencionados en el PMI (Torres, 2013). En general en los documentos encontrados se hace mención de la actualidad de las empresas y *“como los mercados contemporáneos, llevan a las empresas a trabajar exigentemente por medio de herramientas que les posibiliten elementos cada vez más competitivos”* (Narvaez, Moscosso, & Arias, 2014).

Basándose en la metodología PMI, Prince2, Scrum, entre otras, existen procesos de tratamiento de aguas residuales domésticas para desarrollar la viabilidad técnica y económica del proyecto, en su artículo (Escobar & Ocampo, 2017), presenta la situación actual del tratamiento de estas aguas en la empresa objeto del estudio de la investigación, se define qué es una PTAR, y se mencionan los objetivos principales y secundarios del proyecto, así como su justificación. Se explica además el aspecto técnico del proyecto, se describe el proceso de tratamiento de las aguas, y se indican los diferentes componentes de la PTAR a desarrollarse, adicionalmente se indica la localización de la toma de muestras del proyecto, en este caso se hizo uso de la metodología de gestión de proyectos bajo esquema PMI, tomando como referencia la guía del PMBOK®, se habla de características de unificación, consolidación, comunicación y acciones integradoras cruciales para que el proyecto se lleve a cabo de manera controlada, de modo que se cumpla con los

requisitos, se complete y se manejen con éxito las expectativas de los interesados (Escobar & Ocampo, 2017).

Oropeza en su investigación en el año 2016 sobre la gestión de lodos residuales menciona que existen varias tecnologías para el tratamiento de estos, a continuación, se menciona un resumen de estas:

- Digestión anaerobia: Se da a partir de dos fases, la formación de ácidos volátiles y la producción de gas metano a partir de bacterias anaerobias. Se dice que es anaerobia porque no hay presencia de oxígeno.
- Digestión aerobia: En este si está presente el oxígeno provocando el crecimiento de microorganismos, estos pueden sobrepasar el periodo de síntesis molecular de tal forma que reducen el material celular presente en los lodos.
- Tratamiento químico: Se basa en la acción bactericida que bloquea de forma temporal la fermentación ácida. Se debe usar algún óxido que permita este proceso, por su bajo costo el más utilizado es el óxido de calcio o bien llamado cal, este es un sólido de color grisáceo que no sólo es utilizada en el tratamiento de aguas residuales sino también en la industria metalúrgica y agricultura (DHS, 2003).
- Incineración: En este se genera un proceso de combustión donde se genera un proceso de reducción de la materia orgánica presente en los lodos, acá se reduce la masa y la ceniza que está hecha de mineral de lodo.
- Reducción de volumen: En este caso se hace una reducción de volumen secando el producto, puede ser por deshidratación natural (drenaje), escurrido o secado térmico.

De esta forma se mencionan los métodos más utilizados en el tratamiento de lodos, y afirma que la estrategia generalizada que guíe el manejo correcto de lodos debe contener acciones de prevención, la reutilización o revalorización y disposición ambientalmente adecuada de los mismos. Cuando se habla de prevención se pretende reducir de forma potencial la generación de lodos al minimizar la contaminación y uso del agua (Rodríguez, 2012). La reutilización del agua y contaminantes de los lodos generados es posible reciclando el agua, metales u otros componentes

residuales generados en los procesos de producción. Si bien, lo que no pueda ser reutilizado podrá ser dispuesto de manera segura para el medio ambiente (García N. O., 2006).

De forma estándar empresas colombianas como EPM (Empresas públicas de Medellín), han definido modelos de procesos los cuales son aplicables a todas sus actividades, entre estas el control de aguas residuales. Definen este modelo mediante la siguiente taxonomía:

- Nivel 1: Macro proceso, acá se visualiza el proceso específico que se va a tratar.
- Nivel 2: Proceso, características distintivas del proceso.
- Nivel 3: Actividad, procesos específicos para el desarrollo de una actividad.
- Nivel 4: Tarea, descripción secuencial de las tareas a realizar.

EPM, asegura que estos modelos facilitan una transversalidad con los objetivos, además de responder a diferentes necesidades de organización de la empresa, como medir aquellas metas. Este modelo si bien es general para cualquier proceso de la empresa es base para detallarlo con el enfoque de la presente investigación (EPM, 2016).

Capítulo 3: Marco de Referencia

3.1 Marco Conceptual

La gerencia de proyectos es parte de la administración, se basa en aplicar metodologías o técnicas que permitan convertir objetivos en realidades. En esta parte se planean proyectos en diferentes momentos y se controlan características como cronograma, presupuesto, calidad, riesgos, talento humano y demás, todo esto desde su inicio hasta su fin.

Las metodologías o modelos gerenciales se definen como estrategias organizacionales para apoyar procesos de las empresas y satisfacer una necesidad en especial. Estos modelos representan la realidad y estado de las gerencias en las empresas, permiten establecer normas y bases para sustentar la toma de decisiones. La existencia del modelo o metodología es clave, pero se necesita una apropiación y acondicionamiento del mismo. El origen de estos se da en las escuelas del pensamiento administrativo, estas crecen debido al cambio en la industrialización pues se imponen

cambios como los procesos de manufactura y el talento humano. La calidad es una condición de estos modelos, pues permiten a las empresas ser competitivas y perdurables (Arbelaez, 2014).

Definición de términos presentes en la investigación:

- Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR): *sistema físico, químico y biológico que tiene como objeto reducir los contaminantes presentes en el agua residual y así evitar efectos secundarios al ser vertida en las corrientes hídricas o para el uso que quiera darse* (IAGUA, 2016).
- Lodos activados: *Este es un proceso biológico donde se filtra de forma natural el agua, los encargados son pequeños microorganismos que puede depuran los contaminantes, esto es posible gracias a un proceso aerobio y una aireación prolongada* (SMA, 2017).
- Calidad: *“La calidad puede referirse a diferentes aspectos de la actividad de una organización: el producto o servicio, el proceso, la producción o sistema de prestación del servicio o bien, entenderse como una corriente de pensamiento que impregna toda la empresa”* (UNAM, 2016)

3.2 Marco teórico

Se hace necesario hacer una revisión de la teoría actual en los temas que aborda la investigación, siendo las metodologías gerenciales una de las más importantes; como ya se había mencionado éstas son estrategias de gestión organizacionales que se adaptan al desarrollo de un sistema para optimizar los procesos de las mismas empresas, sea cual sea el modelo lo podemos nombrar como una representación del estado actual del problema a atacar, para este caso la gerencia de lodos en las PTAR permite un sustento para desarrollar un proceso más eficiente y organizado, es importante recalcar que un modelo no asegura el éxito de un proyecto pero si aumenta la probabilidad de cumplir con la formulación propuesta.

3.2.1 Metodología SCRUM

Existen diferentes metodologías de proyectos planteadas en los últimos años, unas de las más recientes es la llamada Scrum (palabra tomada del juego rugby, la cual refiere una jugada en campo del mismo, siendo sus principales características el trabajo rápido y en equipo) la cual se encuentra denominada como ágil, esta permite un trabajo colaborativo y tiene como participantes al equipo

de desarrollo, el dueño de productos y el líder scrum. Jeff Sutherland, John Scummiotales y Jeff McKenna concibieron, ejecutaron y documentaron el primer Scrum para desarrollo ágil de software en 1993, utilizando el estudio de gestión de equipos de Takeuchi y Nonaka como base (Sutherland, 2017).

Se considera viable para el desarrollo de proyectos de software, ya que su metodología de pequeñas tareas en intervalos de tiempo cortos permite una mejor asimilación de los objetivos y por ende una mejor entrega de producto o servicio.

En Scrum se tiene en cuenta al cliente durante todo el proceso y además busca generar valor agregado a las necesidades puntuales de un proyecto, aunque como se dijo es aplicable a proyectos de software es posible adaptarla a cualquier tipo de proyecto, se menciona esta metodología con el fin de dar cabida a todas las herramientas en el medio de la gerencia de proyectos (Sutherland, 2017).

3.2.2 Metodología PMBOK (Gestión de proyectos por PMI)

Actualmente se cuenta con lineamientos y guías que aportan a la correcta gestión de proyectos tales como PMI, Prince2 y Scrum, entre otros. Los anteriores son metodologías que permiten a un gerente de proyecto direccionar el mismo hacia el éxito y cumplimiento de las metas trazadas, así como ejercer sobre el proyecto un control y seguimiento que aporte a la eficiencia de cada una de las actividades. Respecto a PMI existen grupos de procesos pertenecientes a la composición de un proyecto los cuales son denominados Inicio, Planificación, Ejecución, Seguimiento y control, y Cierre. Para el presente estudio nos enfocaremos en la gestión de la calidad del proyecto propuesta por el PMBOK, en cuanto a la propuesta de la metodología gerencial, esta incluye procesos que incorporen la calidad como parte esencial de la empresa, su clasificación de procesos se basa en:

- Planificar la Gestión de la Calidad: Identificación de requisitos de calidad para el proyecto y sus entregables, además de la documentación de como demostrar dichos requisitos.
- Gestionar la Calidad: Ejecutar el plan de gestión de la calidad, estas actividades deben introducir al proyecto las políticas de calidad de la empresa.

- **Controlar la Calidad:** Monitoreo y registro de los resultados de la ejecución de las actividades de gestión de calidad, para evaluar el desempeño y asegurar que las salidas del proyecto sean completas, correctas y satisfagan las expectativas del cliente (PMI, 2017).

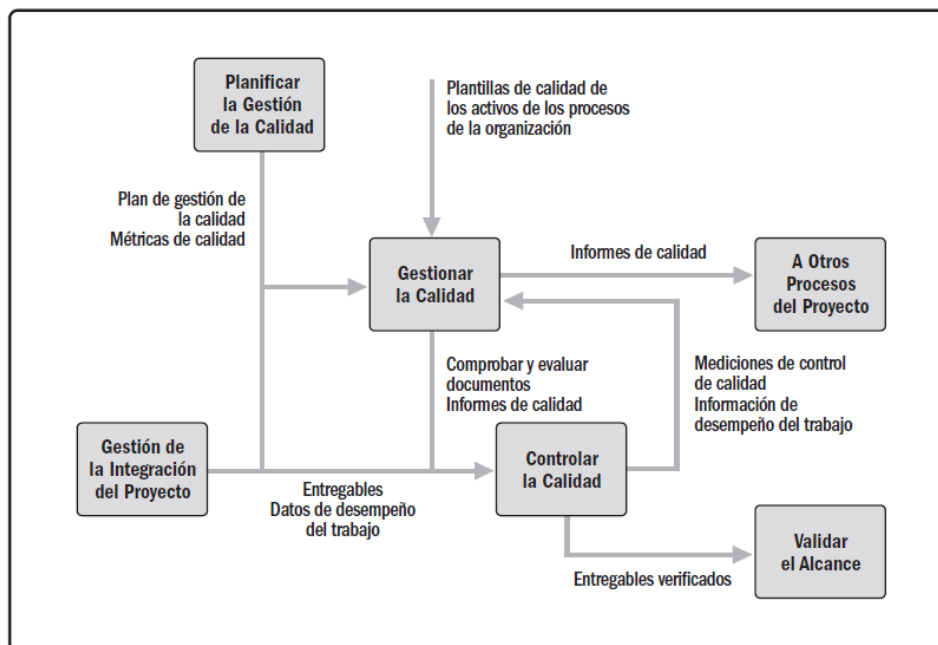


Figura 1: Principales Interrelaciones del Proceso de Gestión de la Calidad del Proyecto.

Tomado de (PMI, 2017).

La guía PMBOK® – Sexta Edición, es una herramienta para el conocimiento en la gestión de proyectos, es la publicación principal de PMI (Project Management Institute) y es un recurso fundamental para la gestión efectiva de proyectos en cualquier industria o sector productivo que tenga como prioridad satisfacer una necesidad en específico. Su última edición fue publicada en octubre de 2017, en esta cada área de conocimiento existe como una sección dedicada a entornos ágiles, iterativos y adaptativos, desarrollando estas prácticas y su integración en las configuraciones del proyecto (PMI, 2017). Debido a la robustez del documento y los innumerables casos de éxito al aplicar dicha metodología es factible decir que el PMBOK es una herramienta útil que permite evitar costos innecesarios en la gerencia de proyectos.

Para el ciclo de mejora continua que será propuesto junto con la metodología gerencial, se tomará como base de información el capítulo del PMBOK de monitoreo y control.

“Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto es el proceso de hacer seguimiento, revisar e informar el avance general a fin de cumplir con los objetivos de desempeño definidos en el plan para la dirección del proyecto. El beneficio clave de este proceso es que permite a los interesados comprender el estado actual del proyecto, reconocer las medidas adoptadas para abordar los problemas de desempeño y tener visibilidad del estado futuro del proyecto con los pronósticos del cronograma y de costos (PMI, 2017)”

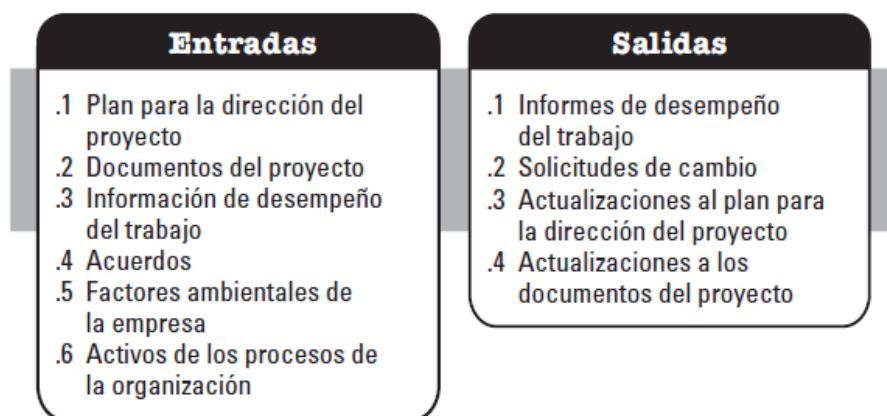


Figura 2: Monitoreo y control del proyecto. Tomado de (PMI, 2017)

3.2.1.1 Análisis DOFA

Se consideró la necesidad de realizar un análisis DOFA a la metodología ya existente y propuesta por el PMBOK para proyectos de forma general. Esto permitió realizar un mejor trabajo en la construcción de la metodología propuesta en la investigación, pero no hace parte de la misma.

Debilidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Esta es una metodología generalizada para todo tipo de proyectos y no permite una puntualidad en el tema de tratamiento de aguas. ✓ Es una metodología internacional por ende no controla las variables de 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contiene documentos ya estructurados que pueden ser utilizados o aprovechados para el sector elegido. ✓ Es factible encontrar investigaciones y modelos gerenciales basados en la guía PMBOK, lo que permite un mejor

calidad específicas para el sector elegido.	análisis de la información y comparación de posibles resultados.
Fortalezas	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Contiene esquemas de trabajo que permiten ser adaptados a las necesidades de la presente investigación. ✓ Tiene trayectoria en el mercado y por ende varias versiones de la misma, al ir en la sexta edición pueden presentarse como de alta profundidad en conocimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Al contener información general la aplicación del mismo puede llevar al no análisis de detalles específicos de cada proyecto. ✓ Se han encontrado testimonios que aseguraron que es bastante complejo para proyectos pequeños y que la aplicación puede resultar tediosa en vez de beneficiosa. ✓ En los últimos 10 años han nacido nuevas metodologías de proyecto que cada día van adaptándose el mercado lo que podría desplazar la metodología PMBOK.

3.2.3 Gestión y tratamiento de lodos

Se hace pertinente indicar qué es la gestión de lodos y cómo se hace su proceso en condiciones de normalidad, en un principio las aguas residuales se dividen en dos tipos: industriales y municipales. Las aguas residuales industriales necesitan un tratamiento antes de ser dispuestas o descargadas en el respectivo en el sistema de alcantarillado de su municipio; como las características de estas aguas difieren según la actividad de la industria, los procesos de tratamiento también llegan a diferenciar (CAR, 2017).

Existen aguas residuales industriales que tienen características similares con las municipales, dado esto se disponen de forma directa en los sistemas públicos de alcantarillado. Las aguas municipales aerobias presentan un olor a queroseno y su color se torna gris, estas aguas con más tiempo serán sépticas y pestíferas; teniendo un olor diferencial a sulfhídrico (Lizarazo & Orjuela, 2013). De las 43 PTAR que se encuentran sobre la cuenca del río Bogotá, 34 están operando, 3 no

lo están, 5 se encuentran en etapa constructiva y una en proyección, además 7 en proceso de optimización (CAR, 2017), la mayoría de estas plantas operan con procesos biológicos (usan microorganismos para separar la materia orgánica de las aguas residuales, a través de unas lagunas de oxidación). El 56,25% de dichas PTAR trabajan de forma aerobia, el 31,25% anaerobia y el 12,5% restante de forma combinada o mixta (El tiempo, 2018).

El proceso de tratamiento general utilizado en las PTAR de Colombia se divide en dos: línea de aguas y línea de lodos.

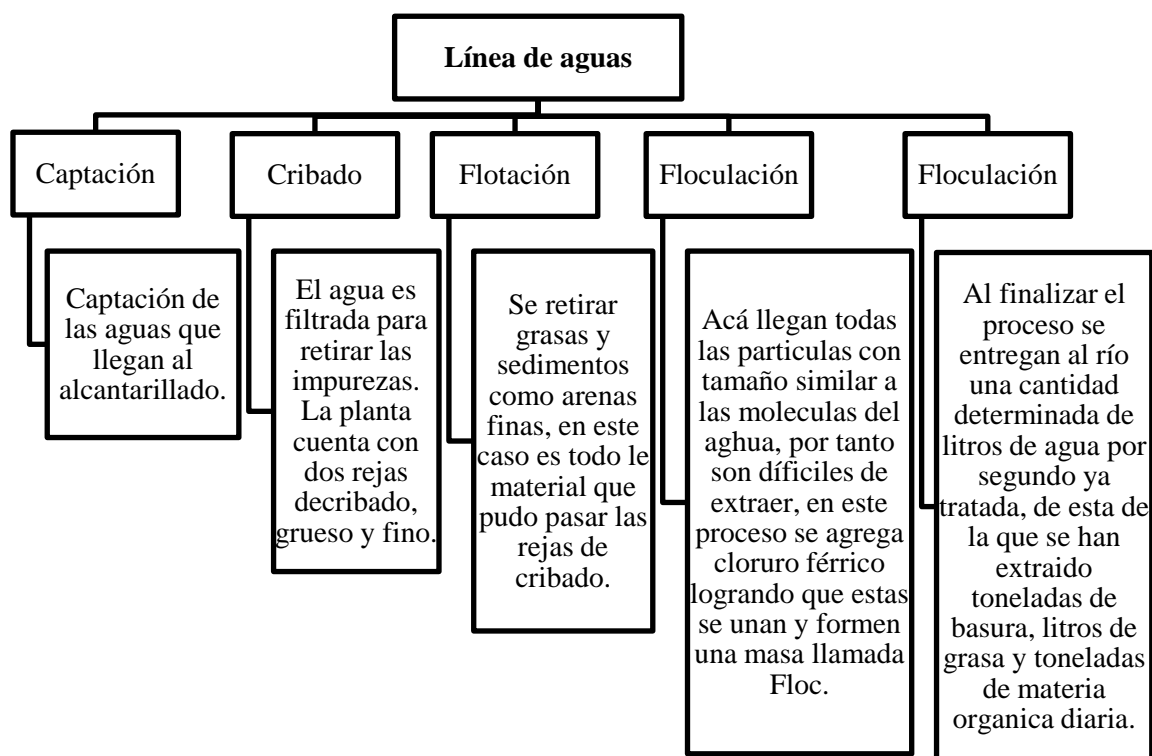


Figura 3. Línea de aguas. *Tomado de (Empresa de acueducto de Bogotá, 2016)*

Los lodos o biosólidos son el mayor subproducto del tratamiento de estas aguas y su composición varía de la calidad de las mismas que transporta la red de alcantarillado conectada a

la planta. Los lodos de componen en su mayoría de una alta concentración de nitratos y fosfatos, convirtiéndolos en una buena opción de fertilizante orgánico, estos lodos tienen niveles de metales pesados por debajo de los estándares internacionales, los que hace aún más adecuados (Empresa de acueducto de Bogotá, 2015). En la línea de lodos se realiza el siguiente proceso:

- **Espesamiento de lodos:** realizada por medio de sedimentación en dos tanques espesadores de fondo cónico.
- **Digestión anaerobia:** En esta fase se tienen tanques que recogen estos lodos, este proceso pretende descomponer rápidamente bacterias anaerobias, su metabolismo genera energía a través de sustancias con falta de oxígeno, se realiza a través de procesos de fermentación, o aquellas que se encuentran en grietas hidrotermales marinas a grandes profundidades, lo logran gracias a reacciones que usan compuestos químicos inorgánicos (Corrales, Autolinez, Bohórquez, & Corredor, 2015). Para acelerar este proceso los lodos llegan a una temperatura de 35°C, en este proceso se genera un lodo menos peligroso.
- **Biogás:** La materia orgánica produce biogás, este se da por la digestión, contiene gas metano el cual es un poderoso combustible, la PTAR del salitre en particular utiliza un 30% de este gas producido para calentar los lodos en la digestión.
- **Deshidratación:** Los lodos son secados, se convierten biosólidos, este puede ser usado como abono orgánico por su alto contenido en nutrientes (Rodríguez, 2017).

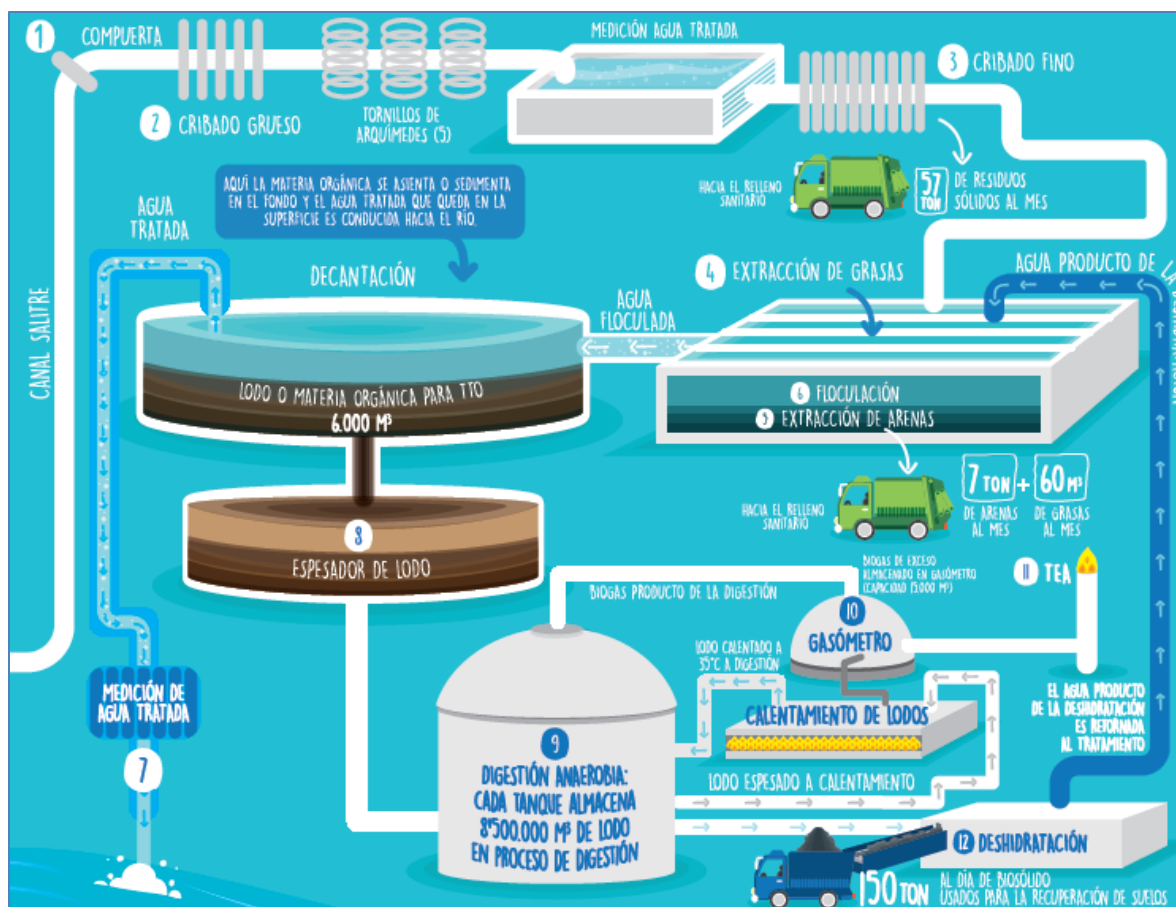


Figura 4: Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales en una Planta Tomado de (Empresa de acueducto de Bogotá, 2016)

3.3 Marco legal

A continuación, se hace una mención de la normatividad vigente sobre aguas residuales en Colombia:

- Decreto 2811 de 1974: Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 9 de 1979: Código Sanitario Nacional.
- Decreto 1594 de 1984: Uso del agua y vertimientos.
- Ley 142 de 1994: Régimen de los servicios públicos domiciliarios.
- Ley 373 de 1997: Uso Eficiente y Ahorro del agua.

- Resolución 1096 de 2000: Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento – RAS.
- Resolución 631 de 2015: Parámetros y valores máximos permisibles en vertimientos de aguas residuales.
- Ley 99 de 1993, Formación del Ministerio de Medio Ambiente.

Capítulo 4: Metodología

Para el desarrollo de la presente investigación se elaboró una revisión del estado actual de las PTAR y las tecnologías utilizadas en las mismas, así como una referencia del estado actual de las metodologías en el control y seguimiento, obteniendo así un resumen práctico que permita aplicarlo en el caso de estudio (Sector de conocimiento y aprendizaje, 2011).

Se estudió la etapa de monitoreo y control en el marco de las cinco fases en el Ciclo de Vida de la Administración de Proyectos. Se implementó una metodología de carácter cualitativo que consistió en entrevistas o encuestas a las plantas escogidas en la muestra, de tal forma se obtuvo una clasificación cualitativa y cuantitativa, teniendo una caracterización de la eficiencia de las metodologías o procesos que actualmente se están utilizando, con el fin de determinar si no se están empleando medidas de control y seguimientos en los procesos de lodos activos.

Para el desarrollo del proyecto se realizó una descripción, análisis y desarrollo de los datos obtenidos en campo, además de realizar un filtro de la información más relevante que pueda aportar a la metodología con el fin de encontrar falencias y decidir mejoras o inclusiones posibles en la propuesta. Las encuestas fueron lineadas con el control y seguimiento al que se somete el tratamiento de lodos de cada PTAR, qué mitigaciones y herramientas se están utilizando. Para la realización de la investigación se tuvo en cuenta la metodología PMI (Project management institute), la cual permitió la creación de una metodología de gerencia óptima para el control y seguimiento en la ejecución de la gestión de lodos de la PTAR, estas metodologías han creado un modelo de dirección de proyectos, en él se desarrollan los trabajos que profesionales de diversos campos han llevado a cabo en los últimos años para fijar los estándares que cada sector pide (OBS, 2016). Finalmente, se procedió con el diseño de la metodología, esta se basó en los lineamientos establecidos en el PMBOK.

Seguido al diseño, la etapa de implementación de la metodología en una PTAR perteneciente a la muestra, con su respectiva revisión y seguimiento de resultados.

4.1 Selección de la muestra

Según el Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado, del 100% de los municipios de Colombia sólo un 48,2% cuenta con PTAR, lo que equivale a 542 plantas, de éstas 137 se encuentran en Cundinamarca, esta selección se realizó mediante muestreo aleatorio bajo la fórmula y justificación ya presentada en el anteproyecto. Se realizó la investigación a las PTAR del norte del departamento de Cundinamarca y que estén proceso de construcción u optimización por la facilidad de aplicar la metodología (Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, 2016). Según el SECOP y las empresas públicas de Cundinamarca en este momento se encuentran en ejecución 22 proyectos con objeto de construcción u optimización de plantas en Cundinamarca (SECOP, 2018).

Tabla No. 1: *Proyectos construcción - optimización PTAR*

	Provincia	Municipio	Nombre
1	Ubaté	Ubaté	Construcción de la PTAR municipio de Ubaté, Cundinamarca
2	Ubaté	Fúquene	Construcción de la PTAR del centro poblado de Capellanía municipio de Fúquene, Cundinamarca
3	Ubaté	Guachetá	Construcción de la PTAR del casco urbano municipio de Guachetá
4	Ubaté	Susa	Sistema de tratamiento de aguas residuales mediante filtros verdes.
5	Guavio	Ubalá	Construcción y puesta en marcha de la PTAR del casco urbano del municipio de Ubalá,
6	Ubaté	Cucunubá	Construcción de la PTAR del municipio de Cucunubá, Cundinamarca
7	Sabana Centro	Gachancipá	Construcción PTAR vereda Roble Sur municipio de Gachancipá.

8	Rionegro	Pacho	Construcción del sistema de tratamiento de aguas residuales del municipio de Pacho
9	Ubaté	Simijaca	Construcción y puesta en marcha PTAR del municipio de Simijaca
10	Almeidas	Suesca	Construcción PTAR cabecera
11	Ubaté	Susa	Construcción de la PTAR del municipio de Susa Cundinamarca
12	Ubaté	Sutatausa	Construcción PTAR del área urbana del municipio de Sutatausa
13	Rionegro	Villagómez	Construcción de la PTAR del casco urbano del municipio de Villagómez
14	Rionegro	Yacopí	Construcción PTAR e interceptores del casco urbano del municipio de Yacopí
15	Almeidas	Chocontá	Construcción PTAR cabecera
16	Gualivá	Nimaima	Construcción de la PTAR casco urbano del municipio de Nimaima
17	Gualivá	Nimaima	Construcción PTAR centro poblado Tobia
18	Gualivá	San Francisco	Construcción de la PTAR del casco urbano
19	Almeidas	Sesquilé	Optimización PTAR II, del casco urbano
20	Sabana Centro	Sopó	Optimización PTAR del casco urbano del municipio Sopó, Cundinamarca
21	Almeidas	Villapinzón	Construcción PTAR cabecera municipal de Villapinzón
22	Sabana Centro	Tabio	Construcción de las PTAR de los sectores El Bote, La Primavera y Tobarroso.

PTAR pertenecientes a la sábana de Bogotá.

Con los datos anteriores se calculó la muestra a evaluar:

Ecuación 1: *Cálculo de la muestra*

$$n = \frac{NZ^2\sigma^2}{e^2(N-1) + \sigma^2Z^2}$$

Dónde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población (22 PTAR en construcción u optimización)

σ = desviación estándar (para este caso 0,5)

Z = nivel de confianza (para este caso 1,96)

e = límite aceptable de error es decir que se tiene un nivel de confianza de 95%

Siendo así:

$$n = \frac{22 * 1,96^2 * 0,5^2}{0,05^2 * (22 - 1) + 0,5^2 1,96^2}$$

$$n = 20$$

Según los cálculos una muestra representativa para hacer la investigación sería 20 PTAR.

4.2 Metodología de recolección de datos

Para la recolección de datos de la investigación se aplicó una encuesta directamente a 18 de las 20 PTAR elegidas, esta fue diseñada con base en el modelo propuesto anteriormente. El objetivo de esta encuesta fue interpretar la conveniencia e idoneidad de implementar una metodología de gestión que sea una herramienta para el control y seguimiento en el tratamiento de todos secundarios de las PTAR. Los resultados de esta investigación podrán servir para identificar posibles falencias en la gestión de control y seguimiento en los proyectos, proponiendo acciones de mejora para sector. A continuación, se presenta un esquema de la herramienta de recolección de datos por etapas y en la parte de superior de las mismas las posibles respuestas que pudieron darse. La encuesta fue aplicada vía correo electrónico.

Tabla No. 2: *Modelo de encuesta aplicada a la muestra*

Estandarización: Preguntas con las cuales se espera identificar el estado actual que tiene la PTAR respecto a los procesos de seguimiento y control sobre el tratamiento de lodos.	
Posibles respuestas: 1. Nunca 2. Casi Nunca 3. Ocasional 4. Casi siempre 5. Siempre	
1	¿Actualmente tienen un proceso de gestión de riesgos que ayude a la identificación, planeación y tratamiento de los lodos de PTAR?
2	¿Utilizan un Check-list que pueda determinar el éxito de los procesos de tratamiento de lodos?
3	¿Qué tan seguido evidencia falencias en el proceso de tratamiento de lodos?
4	¿Hacen evaluaciones de rendimientos del proceso implementado para el tratamiento de lodos?
5	¿Están bien definidas las variables de medición de tiempo, costos y calidad?
6	¿Hacen revisión del estado actual del proceso implementado?
Medición: Preguntas con las cuales se espera identificar el estado actual que tiene la PTAR respecto a la medición de los procesos de seguimiento y control sobre el tratamiento de lodos.	
Posibles respuestas: 1. Eso Esporádico 2. Aplicación Limitada 3. Implementación 4. Controlado 5. Optimizado	
7	¿En el proceso de tratamiento de lodos se realiza medición respecto a la variable tiempo?
8	¿En el proceso de tratamiento de lodos se realiza medición respecto a la variable de costos?
9	¿En el proceso de tratamiento de lodos se realiza medición respecto a la variable calidad?
10	¿Se realiza medición de rendimientos en el proceso de tratamiento de lodos?
11	¿Se realiza medición de riesgos en el proceso de tratamiento de lodos?
12	¿Actualmente cuenta con una gestión de cronograma que ayude a conocer tiempos de respuestas y mantenimientos de la infraestructura?
Control de la calidad: Preguntas con las cuales se espera identificar el estado actual que tiene la PTAR respecto al grado de mejora continua en los procesos de tratamientos de lodos	
Posibles respuestas: 1. Nunca 2. Casi Nunca 3. Ocasional 4. Casi Todos los Días 5. Todos los días	
13	¿Se realizan mejoras continuas en los procesos que se llevan a cabo en el tratamiento de lodos?
14	¿Se realizan mejoras continuas de parámetros de medición en el proceso de tratamiento de lodos?
15	¿Se realizan mejoras continuas en los parámetros de control del riesgo en el proceso de tratamiento de lodos?

Fuente: Elaboración propia. Encuesta aplicada a la muestra, herramienta elaborada mediante la revisión de metodología PMI.

4.3 Metodología de recolección de datos

Se presenta una descripción de cada de una de las etapas propuestas para el modelo, además de esto se realizó una revisión al modelo gerencial propuesto por el PMBOK, definiendo el modelo para la presente investigación de la siguiente forma:

Tabla No. 3: *Modelo gerencial propuesto*

Etapa	Entradas	Herramientas	Salidas
<p>Estandarización</p> <p><i>Nombre en guía PMBOK</i> <i>Planificación de la gestión de la calidad</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de dirección del proceso de lodos secundarios 2. Documentos del proceso de lodos secundarios 3. Factores ambientales de la PTAR. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Juicio de expertos 2. Recopilación y análisis de datos 3. Toma de decisiones 4. Inspección al proceso de lodos secundarios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de gestión de la calidad del proceso de lodos secundarios 2. Actualizaciones al plan para la dirección del proceso de lodos secundarios 3. Plan estándar para la dirección del proceso
<p>Medición</p> <p><i>Nombre en guía PMBOK</i> <i>Gestión de la calidad</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan estándar para la dirección del proceso de lodos secundarios 2. Documentos del proceso de lodos secundarios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección y análisis de datos 2. Toma de decisiones 3. Auditoría al proceso de lodos secundarios 4. Metodología para mejorar el proceso de lodos secundarios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Informes de la calidad del proceso de lodos secundarios 2. Solicitudes de cambio 3. Actualizaciones al plan de dirección del proceso de lodos secundarios. 4. Revisión de variables con base en la normatividad de agua residual vigente
<p>Mejora continua</p> <p><i>Nombre en guía PMBOK</i> <i>Controlar la calidad</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan estándar de dirección del proceso de lodos secundarios 2. Documentación del proceso de trabajo de lodos secundarios 3. Solicitudes de cambio aprobadas 4. Factores ambientales de la PTAR 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recolección y análisis de datos 2. Prueba del proceso de calidad 3. Reuniones de control 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mediciones de control de calidad 2. Actualización del plan estándar de dirección del proceso de lodos 3. Informes del desempeño del trabajo

Nota: Tomado de (PMI, 2017), *adecuación del gráfico General de la Gestión de la Calidad del Proyecto del PMBOK.*

Para la gestión adecuada del modelo, se propone realizar una observación por cada una de las tres etapas descritas, esta observación surge de las preguntas establecidas en la metodología de recolección de datos. El líder de proceso junto con su equipo de trabajo deberá responder cada una de las preguntas mediante una puntuación de 1 a 5 que determina la frecuencia. Al finalizar se obtendrá un puntaje que determinará el estado de la PTAR para el proceso de tratamiento de lodos.

Obsoleto	Menos de 16
Ineficiente	Entre 16 y 23
Aceptable	Entre 24 y 30
Suficiente	Entre 31 y 37
Óptimo	Más de 37

Tabla No. 4: Encuesta de recolección de información inicial.

Etapas	Ítem	Observación del proceso	Puntuación				
1: Nunca 2: Casi Nunca 3: A veces 4: Casi siempre 5: Siempre							
Por favor puntúe la casilla en base al número de la columna que escogió, es decir que sólo deberá utilizar números.							
Estandarización	1	¿Cree Ud. que si se formaliza un Check List del paso a paso en la PTAR se identificaría de manera más fácil los riesgos en cada uno de los diferentes procesos realizados?	1	2	3	4	5
	2	Si se incluyera una evaluación diaria de rendimientos ¿Considera que se identificaría más fácilmente las dificultades presentes en el proceso de tratamiento de lodos?	1	2	3	4	5
	3	Si se implementa y registra revisiones operativas periódicas ¿Se identificaría con mayor claridad las variables de medición, como son: tiempo, calidad, costos entre otros en el tratamiento de los lodos?					

Medición	4	¿Realizar un adecuado y oportuno registro de la variable tiempo, mejoraría esta variable en los procesos realizados en la PTAR?	1	2	3	4	5
	5	¿Realizar un adecuado y oportuno registro de la variable costos, mejoraría en función del tiempo esta variable en los procesos realizados en la PTAR?	1	2	3	4	5
	6	¿Realizar un adecuado y oportuno registro de la variable calidad, mejoraría en función del tiempo esta variable en los procesos realizados en la PTAR?	1	2	3	4	5
	7	¿Definir índices de tiempos, costos y calidad ayudaría a optimizar el cronograma de actividades del tratamiento de lodos?	1	2	3	4	5
Control de calidad	8	¿Obtener y analizar los registros en tiempo real de las lecciones aprendidas, brindaría la posibilidad de una mejora continua en los procesos de la PTAR?	1	2	3	4	5
	9	¿Comparar los registros en tiempo real de los puntos críticos en cada proceso, brindaría la posibilidad de una mejora continua de los recursos requeridos en la PTAR?	1	2	3	4	5
	10	¿Comparar las oportunidades y amenazas de la matriz de riesgos, optimizaría el control para mitigarlos en caso que sean negativos o aprovecharlos si son positivos?	1	2	3	4	5

Con el modelo anterior se pretende, además de identificar el estado del proceso de la PTAR, realizar un seguimiento y control del proceso de lodos secundarios.

4.3.1 Estandarización

Se considera estandarización al proceso donde se ajustan y adaptan características de alguna actividad o procedimiento con el fin de asemejar alguna norma en común, para el caso de la metodología propuesta se propone estandarizar el proceso de tratamiento de lodos secundarios de las PTAR de la sabana de Bogotá. Esta actividad generará beneficios a las plantas contribuyendo a la reducción de costos de producción y facilita el avance en la tecnología. En esta etapa participaran partes operativas y gerenciales, se deben tener en cuenta las herramientas, entradas y salidas planteadas en el cuadro anterior.

4.3.2 Medición

Medición de los procesos de monitoreo y control de cada planta. Se estableció el siguiente diagrama de flujo.

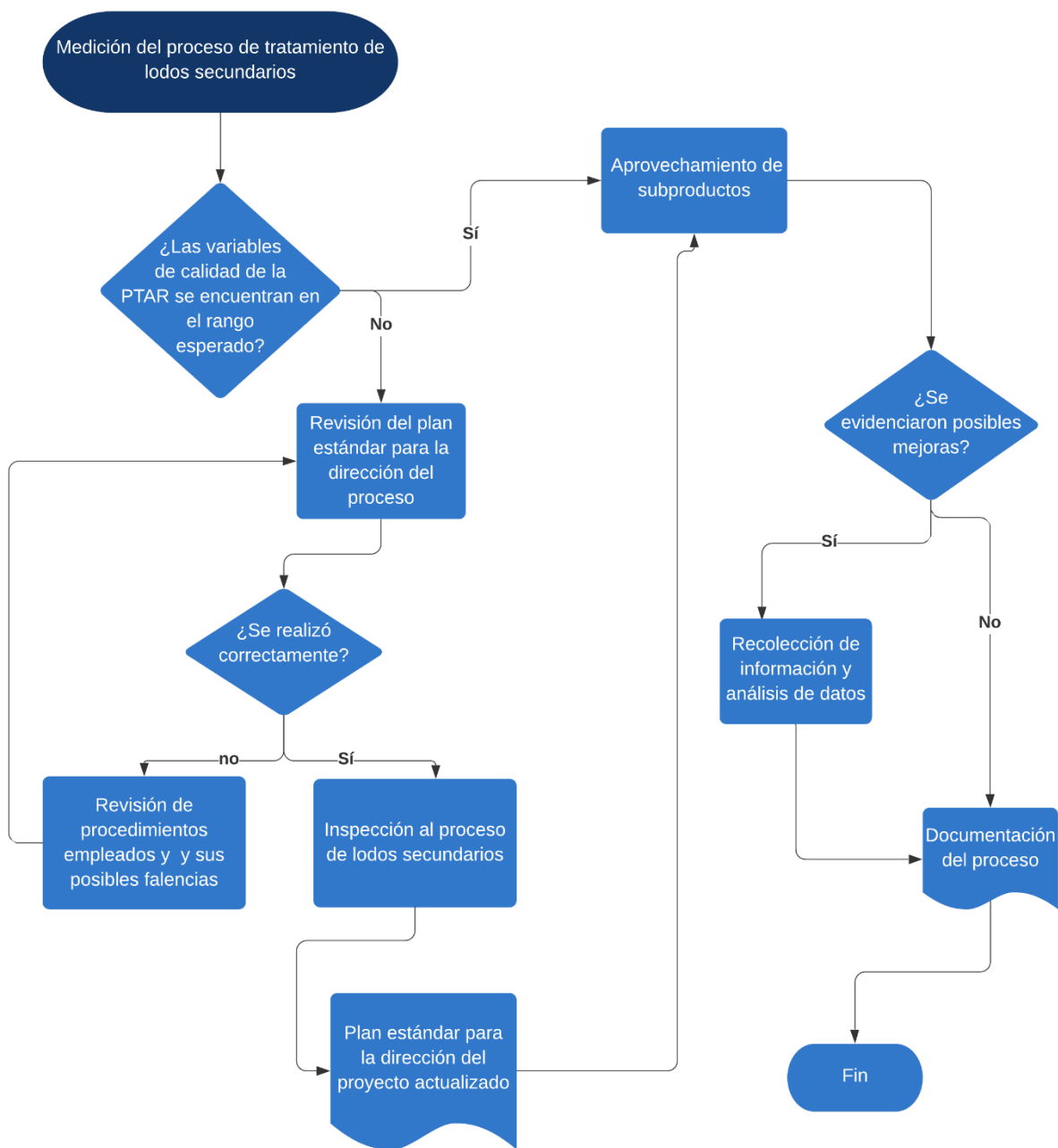


Figura 5: Diagrama de flujo para la medición. Fuente: Elaboración propia.

4.3.3 Ciclo de mejora continua

Una vez propuesta la metodología se consideró pertinente proponer un ciclo de mejora continua, para la etapa que lleva el mismo nombre y que incluya todo el modelo anterior mencionado, con el fin de estandarizar el proceso y permitir una mejor asimilación y mejora de la metodología. A continuación, se describen las principales actividades en cada etapa del modelo, este ciclo se realiza con base a la información de monitoreo y control planteada por el PMBOK.

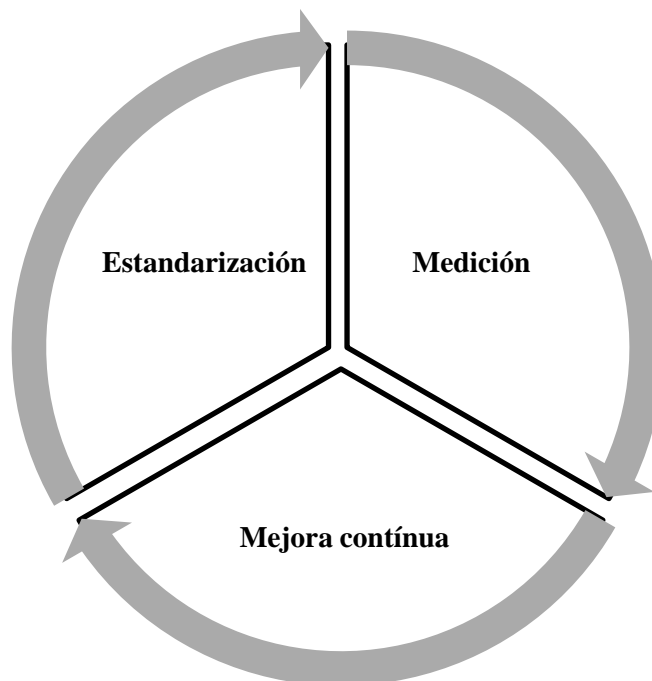


Figura 6: Ciclo propuesto. Fuente: Elaboración propia

Este ciclo se sustenta en base a las etapas de la misma metodología, sin embargo, tiene como referencia lógica y técnica el PMBOK y su capítulo de monitoreo y control. A continuación, se hace una lista de las posibles actividades y documentación que puede tenerse en cada etapa del ciclo.

Tabla No. 5: Descripción del ciclo propuesto

Etapa	Descripción	Entregable
Estandarización	Estandarizar, mediante un documento físico o digital y de acceso al personal, el proceso de lodos secundarios de la PTAR que incluya todas las variables de la metodología propuesta.	Documento con proceso de tratamiento de lodos estandarizado
Medición	Recolección de datos obtenidos en campo y comparativo respecto a las variables evaluadas y sus estándares, se debe tener en cuenta normatividad vigente.	Informe de calidad de las variables Resultados del proceso de tratamiento
Mejora continua	Resultados del análisis de los datos recolectados, posibles opciones de mejora en base a la información del personal operativo y gerencial, además de resultados de procesos de auditoría en caso de existir.	Registro de lecciones aprendidas Informes de auditoría Informe de mejora continua

Fuente: Elaboración propia.

Propuesta para el aprovechamiento de subproductos

Para la última etapa del ciclo, mejora continua, se anexan opciones de posible aprovechamiento de los subproductos del tratamiento de lodos secundarios, cada gestión administrativa de la PTAR podrá evaluar éstas como opciones o buscará aquella que se adecue a su planta y presupuesto. El Ministerio de vivienda, mediante el Decreto 1287 del 10 de Julio de 2014, en donde “se establecen criterios para el uso de los biosólidos generados en PTAR municipales”, entrega las características base y deseables para poder dar uso a estos subproductos.

Si los sólidos cumplen con los parámetros establecidos en el decreto ya mencionado, podrán usarse según la categoría que se desglosa en A y B, estas están descritas de manera explícita en el decreto (Ministerio de Vivienda, 2014).

Capítulo 5: Resultados

En este capítulo se describen los resultados obtenidos al aplicar la encuesta descrita en el capítulo 4, se describe una a una las preguntas de la herramienta y un análisis pertinente de cada gráfica obtenida. Es importante definir que de las 20 PTAR establecidas en la muestra, sólo fue oportuna y accesible la información de 8, a continuación, se encuentra la justificación descrita en el campo observaciones, explicando el por qué no se contó con estos datos y los casos donde por ejemplo no se tenía tratamiento de lodos y por ende no era aplicable la metodología.

Tabla No. 6: Descripción de la recolección de datos

Número	Municipio	Contestó la herramienta		Observaciones
		Si	No	
1	Ubaté	x		
2	Fúquene		x	Trabajan junto a la PTAR de Susa.
3	Guachetá		x	La planta está en proceso de reajuste al diseño de construcción. No existe sistema de tratamiento de lodos.
4	Susa		x	La licitación se abrió en Julio de 2019, se encuentra en construcción.
5	Ubalá		x	El municipio no cuenta con PTAR.
6	Cucunubá		x	No tienen sistema de tratamiento de lodos.
7	Gachancipá	x		
8	Pacho		x	No tienen PTAR, están en la compra del predio.
9	Simijaca		x	El municipio no cuenta con PTAR.
10	Suesca		x	El municipio no cuenta con PTAR.
11	Sutatausa		x	La PTAR se encuentra en adecuación. Contará con sistema de tratamiento de lodos.
12	Villagómez	x		La PTAR se encuentra en adecuación. Contará con sistema de tratamiento de lodos.
13	Yacopí	x		La PTAR se encuentra en adecuación. Contará con sistema de tratamiento de lodos.
14	Chocontá		x	La PTAR del municipio no cuenta con tratamiento de lodos. Es un sistema lagunar.
15	Nimaima		x	La PTAR se encuentra en construcción. No tendrá sistema de tratamiento de lodos.
16	San Francisco		x	El municipio no cuenta con PTAR.
17	Sesquilé	x		
18	Sopó	x		
19	Villapinzón	x		
20	Tabio	x		

4.4 Análisis y resultados

4.4.1 Estandarización

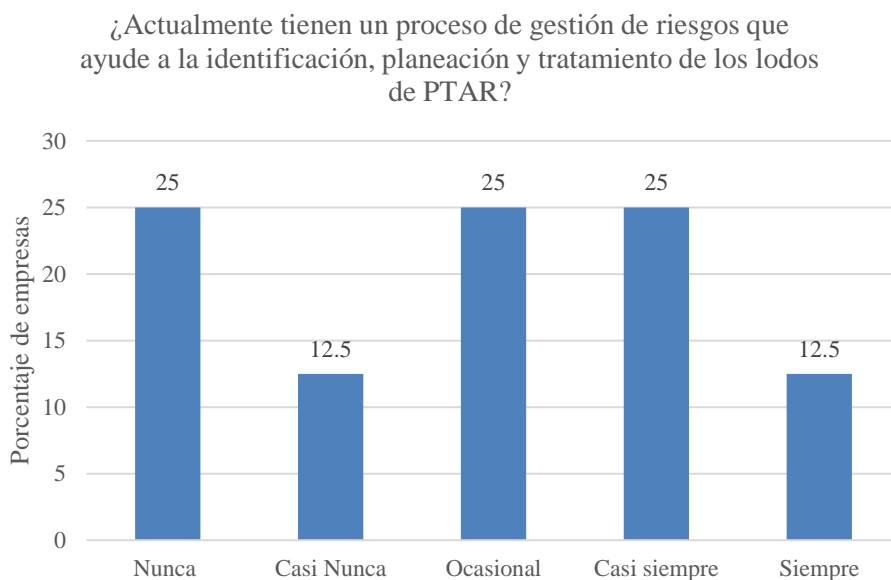


Figura 7 Pregunta número 1

En la figura 7 fue posible analizar que de las PTAR encuestadas sólo un 12,5% afirma tener siempre un proceso de gestión de riesgos que ayude a la identificación, planeación y tratamiento de lodos en las mismas, esto indica la necesidad de los municipios por optimizar los procesos de sus PTAR, estos riesgos incluyen afectaciones al medio ambiente en la descargas realizadas después del tratamiento de las aguas, estas descargas se realizan en cuerpos hídricos los cuales están al alcance de la población, esta sería una de las etapas donde convendría una correcta gestión de riesgos evitando posibles impactos en la población. Es válido afirmar que las PTAR relacionan las falencias con la administración de las mismas.

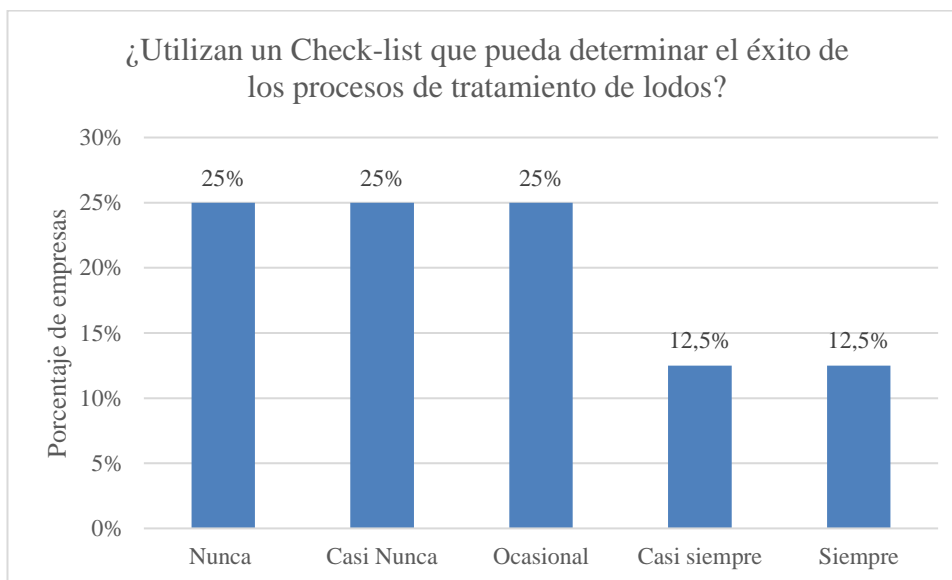


Figura 8: Pregunta 2

En la figura 8 fue posible analizar la utilización de una lista de chequeo pertinente por parte de las PTAR encuestadas, tan sólo un 13% afirma utilizarla siempre, el resto ocasionalmente e incluso nunca, es decir que no hay una variable numérica que permita medir el éxito de los tratamientos de lodos utilizados, lo que conlleva a evitar la optimización de los procesos.

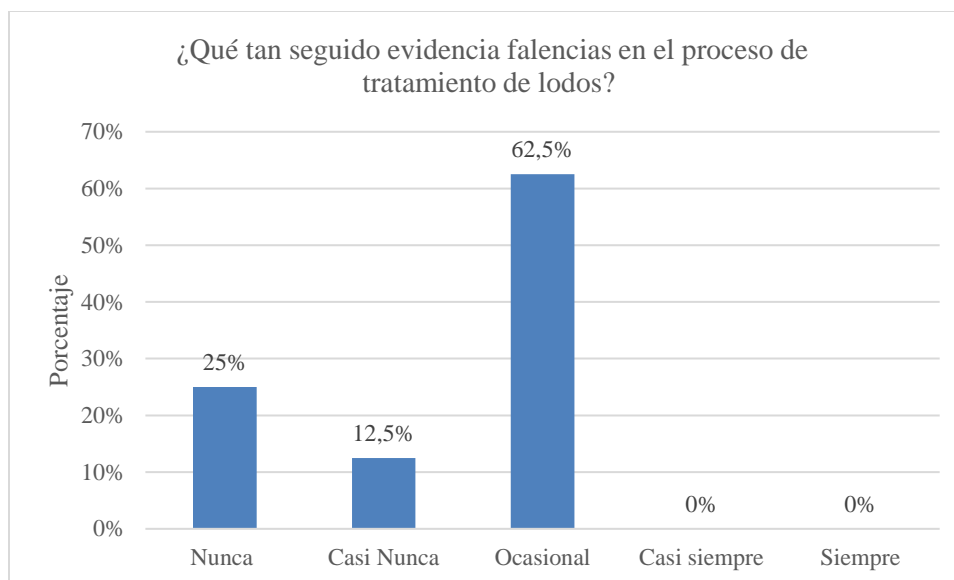


Figura 9: Pregunta 3

En la figura 9 fue posible analizar si el personal encargado de cada una de las PTAR, evidencian falencias en el proceso de tratamiento de lodos. Ninguna de las PTAR encuestadas afirma que las falencias se presentan siempre, un 25% asegura que nunca han encontrado alguna falla en el tratamiento de lodos y que sus procesos son totalmente efectivos.

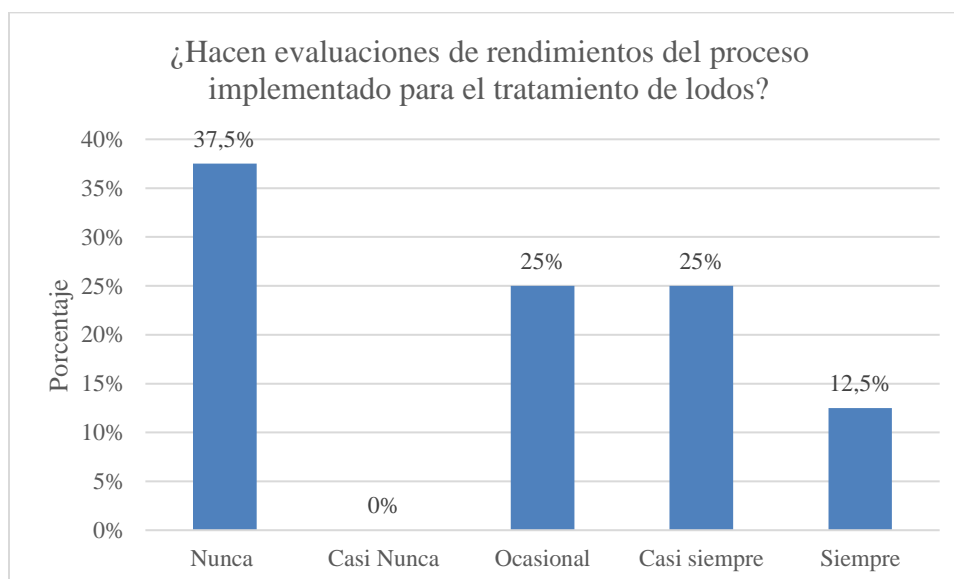


Figura 10: Pregunta 4

En la figura 10 fue posible analizar las evaluaciones realizadas por las PTAR para determinar el rendimiento del proceso de tratamiento de lodos, un 38% afirma que nunca realizan estas evaluaciones, sin embargo, al comparar esta gráfica con la pregunta número 3 no hay coherencia respecto a los resultados en las encuestas pues afirman no tener falencias en su mayoría, pero también aseguran no utilizar evaluaciones de rendimiento.

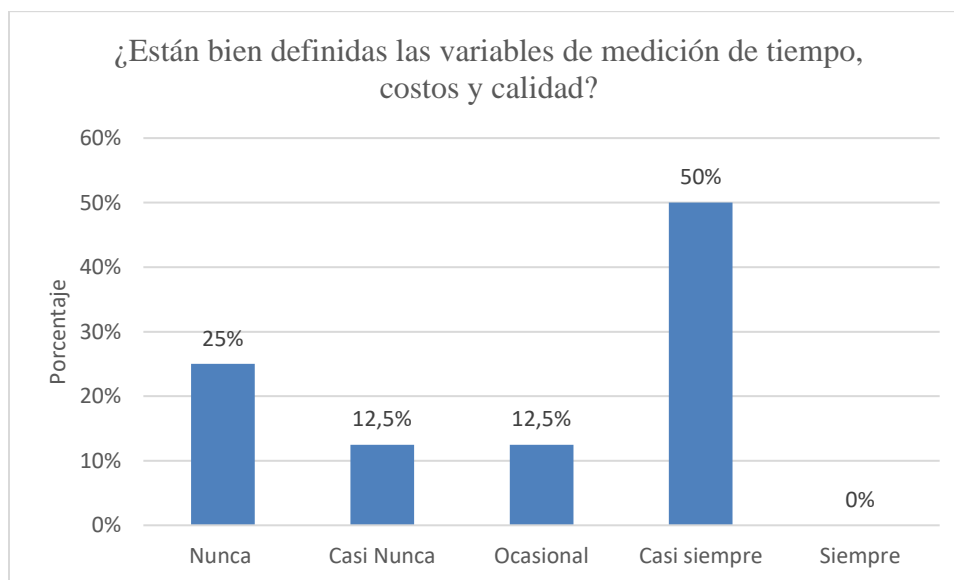


Figura 11: Pregunta 5

En la figura 11 fue posible analizar si las variables de medición en tiempo, calidad y costos se encuentran bien definidas, esto incluye el tiempo de duración de cada proceso, el cumplimiento de la normatividad vigente cuando se refiere a calidad y el costo de cada uno de estos procesos, un 50% asegura que casi siempre miden dichas variables y por ende es posible analizar dichos datos.

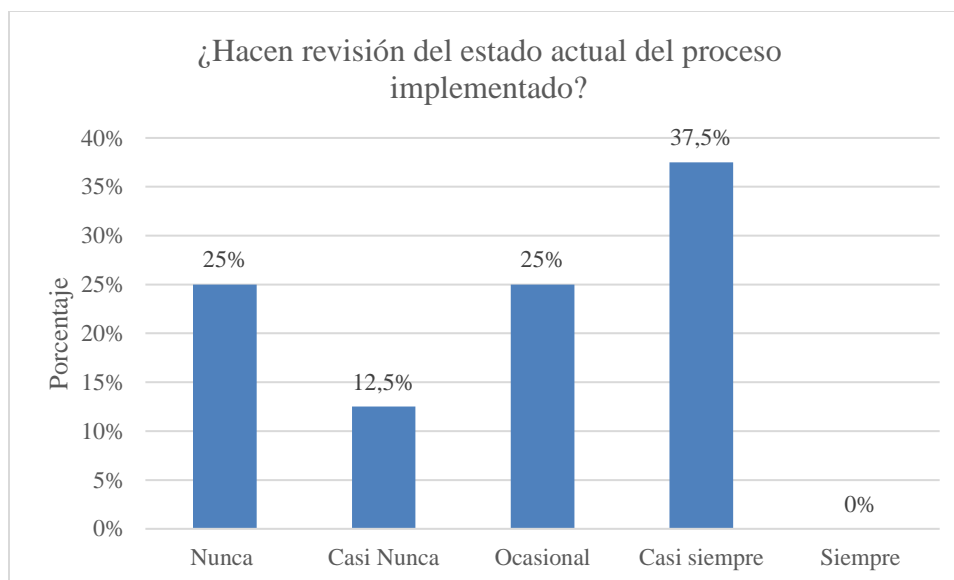


Figura 12: Pregunta 6

En la figura 12 fue posible analizar si las PTAR encuestadas hacen una revisión al estado actual de los procesos implementados, un 38% asegura que casi siempre lo hacen, mientras que un 0% afirma que lo hacen siempre. Las PTAR encuestadas se encuentran en municipios con menos de 200.000 habitantes, esto conlleva a que los controles implementados por parte de la administración pública sean limitados respecto al dinero presupuestado para dichos procesos.

4.4.2 Medición

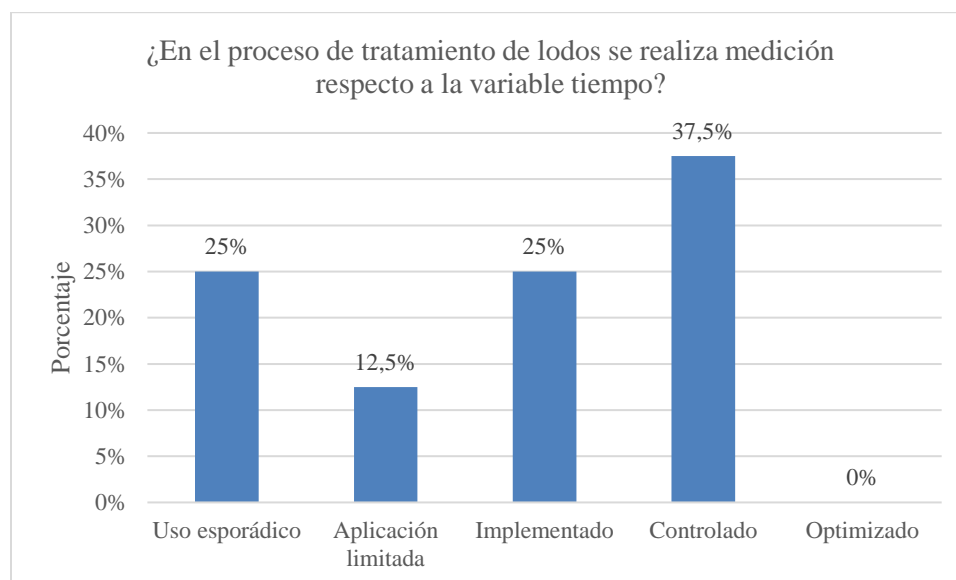


Figura 13: Pregunta 7

En la figura 13 anterior se observa que las PTAR encuestadas tienen controlada la medición respecto a las variable tiempo en un 38-5, sin embargo ninguna afirma optimizar este proceso, por ende está sería entonces una razón para implementar el modelo propuesto dentro de los procesos, además se considera preocupante que más del 50% controlan dicha variable de forma esporádica y por ende no tienen un dato que les permita comparar si su proceso de tratamiento de lodos se realiza en un periodo de tiempo adecuado.

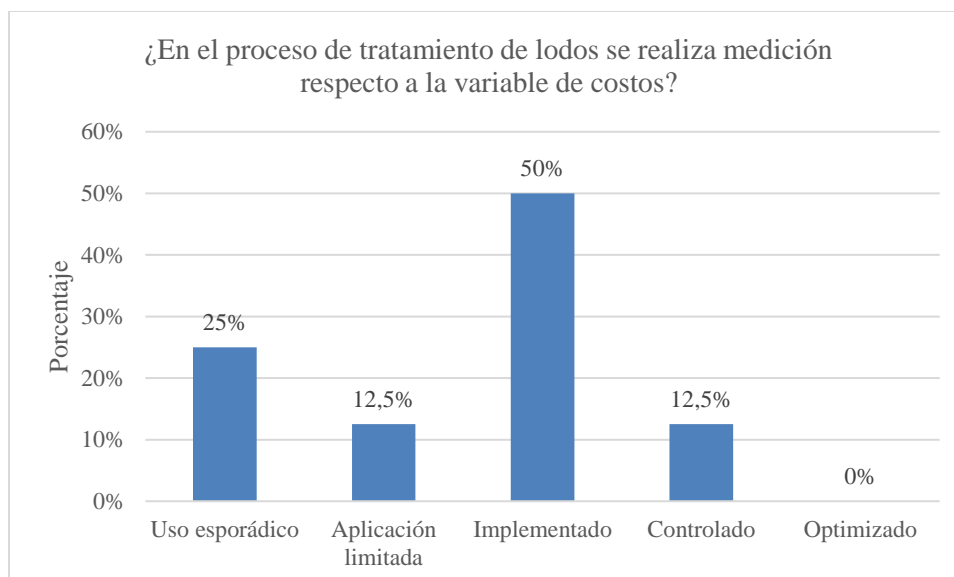


Figura 14: Pregunta 8

En la figura 14 anterior se observa si las PTAR encuestadas realizan medición respecto al costo de sus procesos en el proceso de lodos secundarios, vemos que un 50% afirman tener implementada esta medición pero no controlada u optimizada, esto indica que aunque se ejecuta el proceso de lodos, o existe un control de costos donde se determine el valor real de esta implementación y de hecho un 25% afirma usar esta herramienta de forma esporádica, indicando que no se tiene en cuenta el control financiero y como este puede influir en la variable resultados.

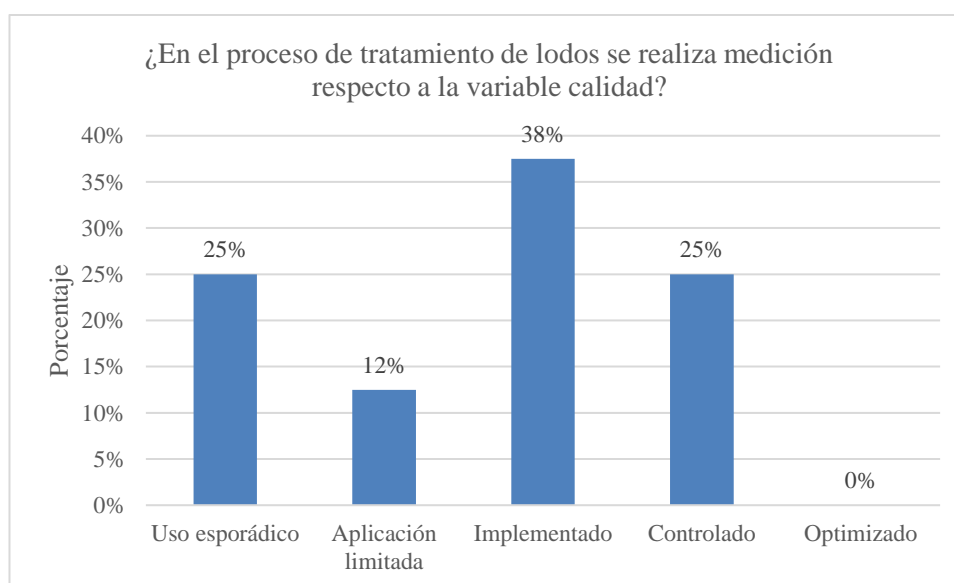


Figura 15: Pregunta 9

En la figura 15 se observa que de las PTAR encuestadas, un 38% afirma llevar una medición de la calidad, es decir del resultado del proceso frente a la norma establecida y si estos cumplen con los parámetros establecidos por ende se puede denominar como calidad de las variables, esto demuestra que las PTAR, aunque realizan el proceso no se percatan del resultado del proceso sea el ideal y por ende el vertimiento de este resultado a las fuentes hídricas no está controlado. Un 25% afirma tener controlado este campo y su vez usar esta variable esporádicamente.

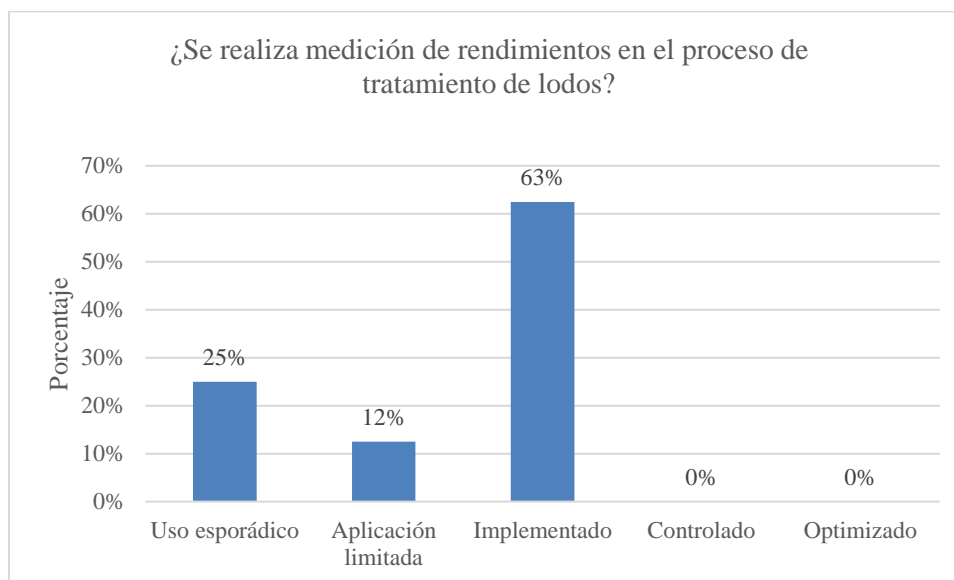


Figura 16: Pregunta 10

En la figura 16 anterior observamos que de las PTAR encuestadas un 63% asegura tener implementada la medición del rendimiento del proceso, esto puede llevarse a cabo frente diferentes variables como el caso de la DBO, la cual es un indicador de este proceso de lodos secundarios, se puede determinar que las PTAR no controlan esta variable y definitivamente influye en el resto de sus etapas.

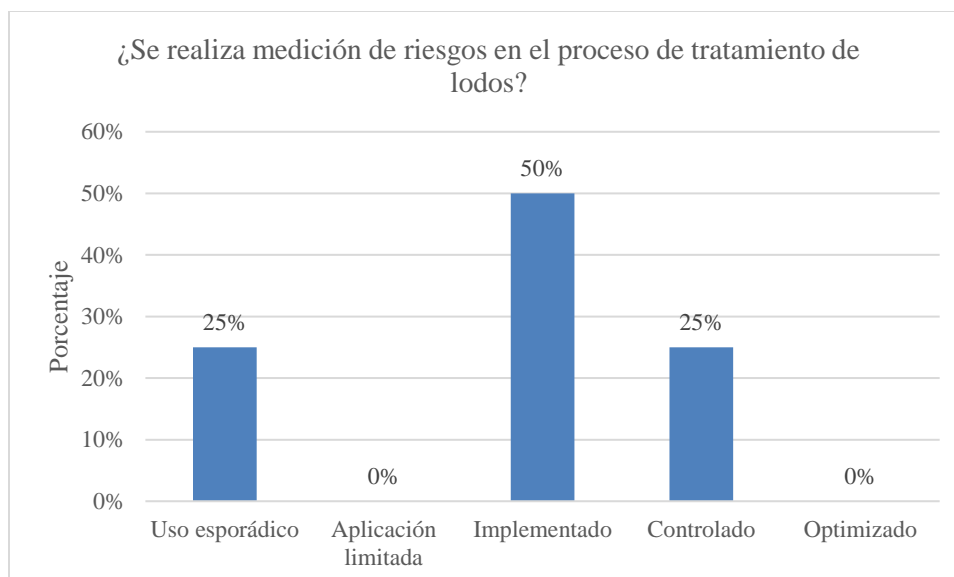


Figura 17: Pregunta 11

En la figura anterior podemos observar que de las PTAR encuestadas un 65% afirma tener implementado un proceso de control y medición en riesgos, pero ninguna afirma tener controlada la gestión de riesgos del proceso de lodos secundarios, esto acarrea gastos innecesarios que pueden evitarse con una adecuada evaluación ex ante, cuando se refiere a riesgo se puede hablar de laboral, financiero y administrativo, sin importar la condición de la empresa o sector, la correcta gestión de riesgos siempre será un plus en la gestión de proyectos.

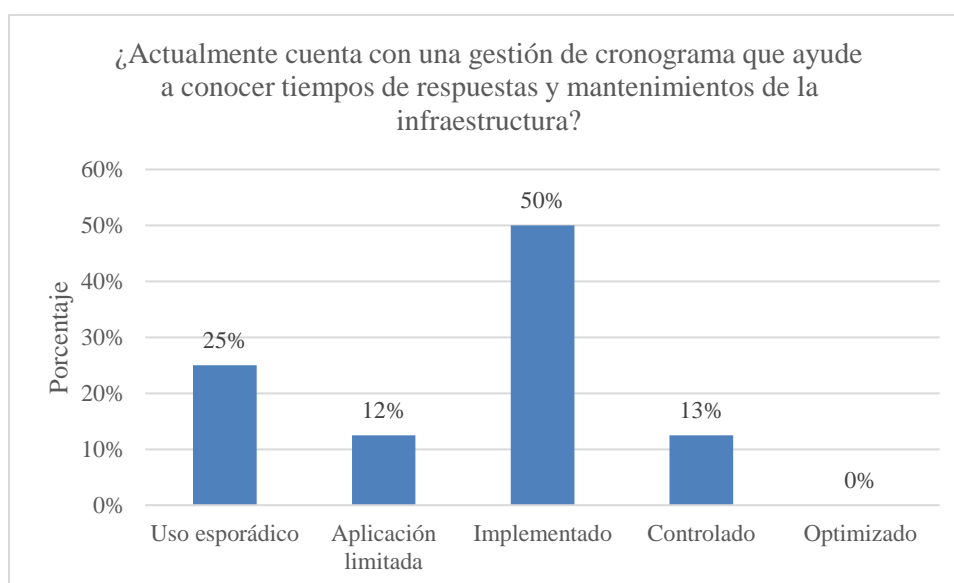


Figura 18: Pregunta 12

En la figura anterior podemos observar que de las PTAR encuestadas un 50% afirma tener implementado una gestión del cronograma, es decir una correcta administración del tiempo en los procesos de lodos secundarios, sin embargo al notar que un 25% afirma hacer dicha gestión de forma esporádica se puede deducir que al no llevar un control en el tiempo de los proceso involucrados en el tratamiento de lodos aquellas etapas posteriores se verán afectadas de forma inmediata y además se generarán sobre costos en las entidades, de esta forma se generan vacíos monetarios que pueden ser tomados como base para evitar el tratamiento ideal de las aguas, además de afectar el resultado en las variables físico-químicas.

4.4.3 Control de la calidad

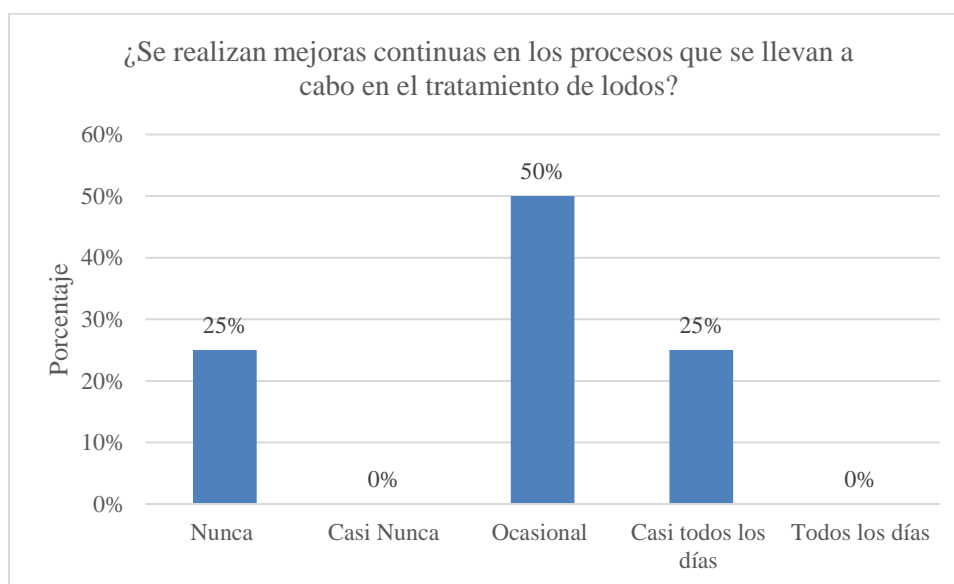


Figura 19: Pregunta 13

En la figura anterior se puede observar que de las PTAR encuestadas, un 50% afirma que se realizan mejoras continuas de forma ocasional en el proceso de lodos, sin embargo esto determina que las plantas no cuentan con un sistema o proceso descrito donde puedan llevar un control de qué puntos deben atacar para proceder a esta mejora continua, es necesario tener en cuenta que esto implica un análisis de un determinado periodo de tiempo donde se identifique posibles fallas y no sólo de parte de los líderes sino de los mismos operarios, un 25% de las plantas nunca se han planteado esta actividad como parte del proceso de lodos.

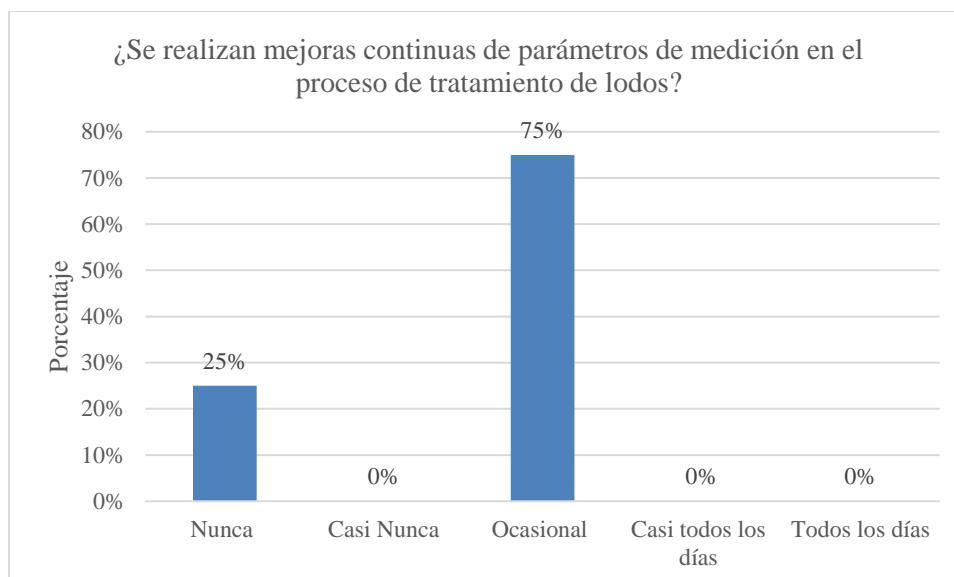


Figura 20: Pregunta 14

En la figura anterior podemos observar que de las PTAR encuestadas un 75% ocasionalmente realizan mejoras continuas a los parámetros de medición y un 25% nunca lo hace, esto implica que las PTAR no identifican si los parámetros establecidos son correctos para continuar el proceso de lodos, esto teniendo en cuenta que existe una normatividad descrita por el gobierno para estos lodos y que es actualizada de forma constante, es posible deducir que aunque los resultados puedan acogerse a la normatividad no existe una iniciativa por reducir al máximo estas variables, teniendo en cuenta que los subproductos podrán ser de mejor uso.

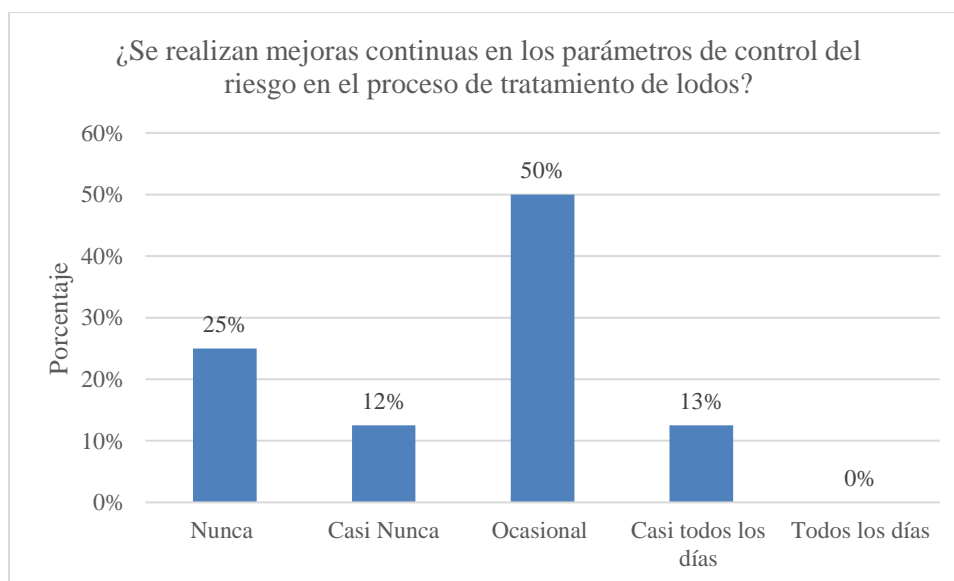


Figura 21: Pregunta 15

En la figura anterior podemos observar que de las PTAR encuestadas un 50% afirma realizar mejoras continuas en los parámetros de control de riesgo, esto teniendo en cuenta que en la pregunta anterior relacionada con riesgos no se presenta gestión de los mismos, pero aun así afirman algunas tener mejorar casi a diario, por ende se puede afirmar que no se encuentra una documentación o estandarización de este proceso de control de riesgos en el proceso y se hace de forma operativa y momentánea, es decir según la necesidad del caso sin un protocolo o matriz que permita evaluar la complejidad.

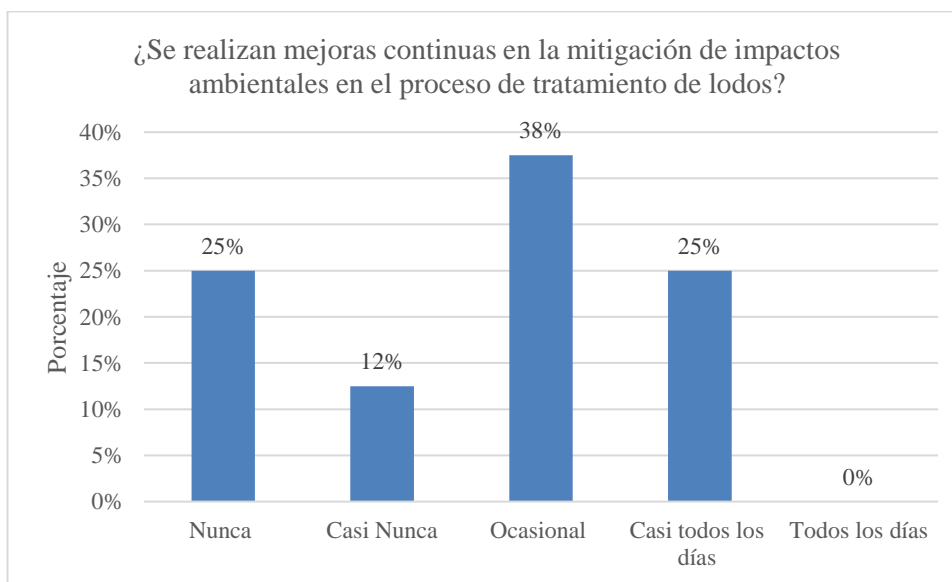


Figura 22: Pregunta 16

En la figura anterior podemos observar que de las PTAR encuestadas un 38% afirma realizar mejoras continuas en la mitigación del impacto en el proceso de lodos, esta pregunta puede relacionarse con la inmediatamente anterior ya que si existe una correcta gestión de riesgos esta lleva por inercia a una identificación de impactos en caso de la materialización de los mismos, por ende se puede afirmar que existe o un desconocimiento de la gestión de riesgos por parte de los líderes de proceso o se hacen gestiones a parte frente a riesgo e impacto.

4.5 Evaluación metodología gerencial

El modelo propuesto en el capítulo anterior fue evaluado en tres de las PTAR de la muestra y esto en base a la tabla de puntuación establecida, dado así se obtiene que el funcionamiento de las PTAR frente al proceso de tratamiento de lodos secundarios es Aceptable, esto en función de las respuestas del equipo de trabajo específico de la planta de Gachancipá, esto no se considera una

única evaluación y sólo es una demostración del funcionamiento de una parte del modelo. A continuación, se presenta una descripción por etapa para la PTAR elegida.

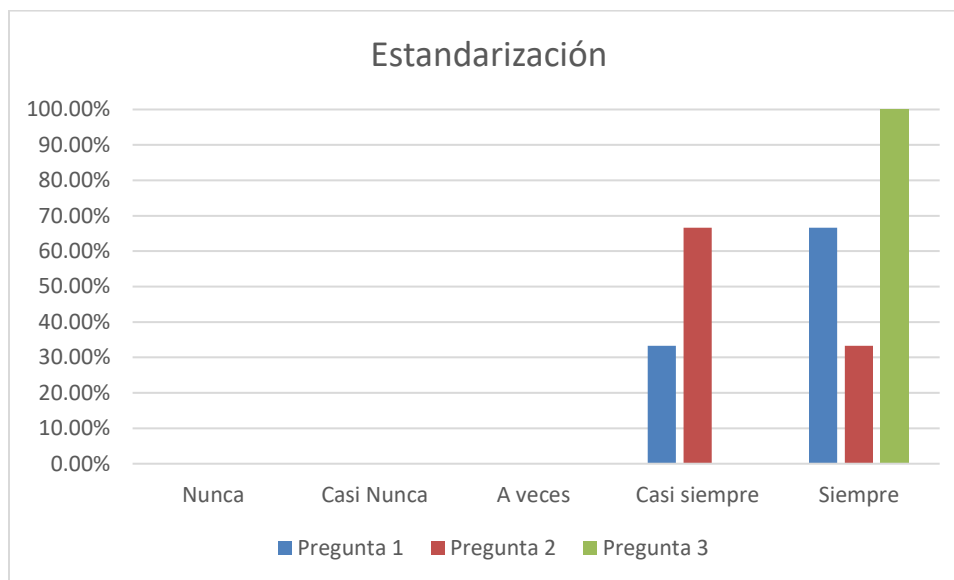


Figura 23: Resultados evaluación en estandarización

Para esta etapa no se entregan datos concretos ya que en el modelo se propone estandarizar todos los procesos de tratamiento de lodos de las PTAR de la muestra. Este resultado podría darse al evaluar con todas las plantas sus procesos y llegar a un acuerdo.

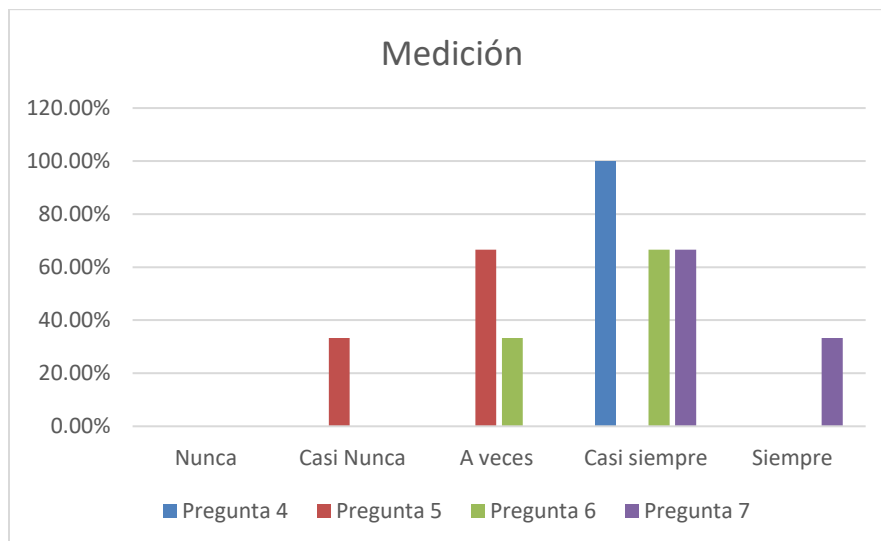


Figura 23: Resultados de la evaluación en medición

En la figura No 22 se observa que al evaluar el diagrama de flujo de medición las variables de medición se encuentran dentro del rango, sin embargo, no existe un aprovechamiento de

recursos y por ende debe hacerse una documentación del proceso y aplicar la normatividad vigente para el tema.

Tabla No 24: Resultados de la evaluación en calidad

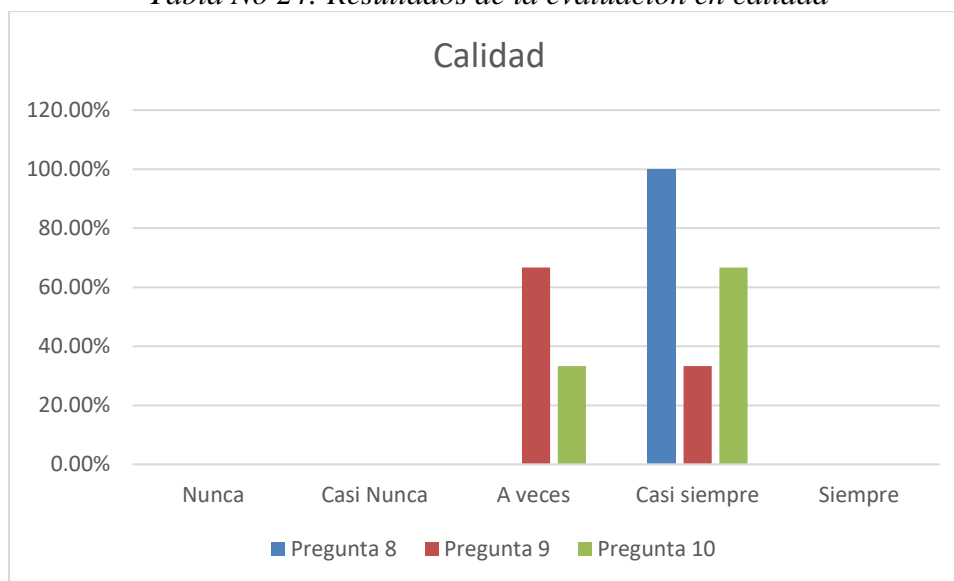


Figura 24: Resultados de la evaluación en calidad

En la figura anterior se observa que, al revisar los resultados en base de la puntuación y la evidencia de la PTAR, se hace necesario la aplicación del modelo de mejora continua con base en el capítulo del PMBOK propuesto, aunque los datos arrojados no son exactos, si es posible determinar las necesidades del municipio, estas pueden describirse de la siguiente forma:

- Documentar el proceso de tratamiento de lodos secundarios paso a paso
- Registrar el informe de calidad de las variables
- Registrar las lecciones aprendidas

La implementación de la metodología en general, demuestra un acercamiento a la gestión de lodos secundarios en las PTAR de la muestra, es válido afirmar que de las 20 plantas de la muestra sólo 8 hicieron parte de la investigación por diferentes situaciones como falta del proceso para evaluar, remodelación o construcción futura de la misma.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Es posible concluir que una metodología de seguimiento y control para las variables de calidad en todos secundarios es una herramienta amplia que permite abordar la gestión del proceso por parte de los líderes de dichas entidades.

Al realizar la revisión bibliográfica se pudo concluir la falta de información sobre estas metodologías gerenciales aplicadas a PTAR, por lo que esta será entonces una apertura al tema e investigaciones futuras que quieran profundizar en el tema.

Proponer una metodología de control que pueda ser aplicada como alternativa de supervisión a las variables de calidad permite una mejor asimilación y control de procesos, sin embargo, aunque esta se evalúe de forma general es necesario puntualizar en las necesidades de cada PTAR y sus características de funcionamiento.

Al analizar la metodología propuesta se concluyó que esta metodología podría ser una herramienta para evitar sobrecostos en el proceso, se considera útil para pequeñas plantas como las estudiadas en este documento, ya que la carga de agua a tratar se considera alta en comparación a otras ciudades del país y la metodología permite una adaptabilidad.

Recomendaciones

Existe una información pobre con las cuales cuentan las PTAR, pero con el modelo se busca recolectar mayor información del proceso llevado a cabo en las PTAR, también en busca de que esta modelo sirva como base o fuente de información para investigaciones futuras.

Se recomienda aplicar el modelo en todas las PTAR de la muestra, de esta forma se pueden obtener datos concretos en estandarización y mejora continua, ya que al aplicarlo sólo es posible obtener datos numéricos del estado de la PTAR en la escala propuesta.

6. Referencias

Empresa de acueducto de Bogotá. (2015). *Guía concpetual sobre la PTAR SALITRE*. Bogotá:

Empresa de acueducto de Bogotá.

Alcaldía_Bogotá. (2004). Fuentes de abastecimiento de Bogotá D.C. *Plan de desarrollo*

Distrital, 2004 - 2007.

Alcaldía_Bogotá. (7 de Marzo de 2012). *Bogotá Humana*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2012, de Bogotá Humana:

http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/x_frame_detalle.php?id=49296

AlcaldíaBogotá. (2008). *Portal Bogotá*. Recuperado el 19 de Agosto de 2012, de Portal Bogotá:

<http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/01.02010401.html>

AlcaldiaMayordeBogotá. (2012). *Bogotá - Empresario*. Recuperado el 19 de Agosto de 2012, de

Bogotá - Empresario: http://empresario.com.co/recursos/ccb_2012/tlc_evento_ccb/

AlcaldíaMayordeBogotá. (2012). *Portal Bogotá*. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de Portal

Bogotá: <http://www.bogota.gov.co/galeria/cifrasproyeccionpoblacionsexo1985a2016.pdf>

Aldaya, M., Niemeyer, I., & Zarate, E. (2011). *Agua y globalización: Retos y oportunidades*

para una mejor gestión de los recursos hídricos. Recuperado el 13 de Octubre de 2012,

de Agua y globalización: Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos

hídricos: <http://www.huellahidrica.org/Reports/Aldaya-Niemeyer-Zarate-2011.pdf>

Arbelaez, J. (2014). *Modelos gerenciales: un marco conceptual*. . Medellín: Fundación

Universitaria María Cano.

- Ballesteros, P. (2007). *Evaluación de tasas retributivas por vertimientos hídricos en la cuenca media del río Bogotá*. Bogotá D.C.: ESAP, Escuela Superior de Administración Pública.
- CAR. (2017). *Plantas de tratamiento de aguas residuales en Cundinamarca*. Bogotá: CAR.
- CEPAL. (2004). *Los servicios del agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI*. Santiago de Chile: Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Congreso_de_Colombia. (22 de Diciembre de 1993). *Ley 99/93*. Recuperado el 24 de Abril de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- Congreso_de_Colombia. (11 de Julio de 1994). *Ley 142 de 1994. Régimen de los servicios públicos domiciliarios y otras disposiciones*. Bogotá D.C., Colombia.
- Consejo. (1974). *Código de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente*. Bogotá D.C., Colombia.
- Corrales, L., Autolinez, D., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta. *NOVA*, 55-81.
- Correa, F., Ossa, A., & Vallejo, Z. (2007). Regulación ambiental en Colombia: el caso de la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica. *Semestre económico, Universidad de Medellín*, 27 - 46.
- Cruz, D. (19 de Enero de 2007). *EAAB - Quinta Revisión Anual*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de EAAB - Quinta Revisión Anua: <http://www.bnamericas.com/cgi-bin/getresearch?report=12148.pdf&documento=74200&idioma=E&login=>

DANE. (25 de Mayo de 2012). *Cuentas Departamentales - Resultados PIB Departamental, 2009 y 2010*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2012, de Cuentas Departamentales -

Resultados PIB Departamental, 2009 y 2010:

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2005/Resultados_2010.pdf

DANE. (25 de Mayo de 2012). *Cuentas Departamentales, Resultados PIB Departamental 2006 y 2010*. Recuperado el 19 de Agosto de 2012, de Cuentas Departamentales, Resultados

PIB Departamental 2006 y 2010:

http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/departamentales/B_2005/Resultados_2010.pdf

DANE. (2019). *Total población conciliada*. Bogotá: DANE.

DHS. (2003). *Hoja informática para sustancias peligrosas*. New Jersey: DHS.

EAAB. (2003). *El agua en la historia de Bogotá, 1986 - 2003*. Bogotá D.C.: Villegas Editores.

EAAB. (2003). *El agua en la historia de Bogotá, tomo III*. Bogotá D.C.: Villegas editores.

EAAB. (2004). *Plegable técnico de la PTAR Salitre*. Recuperado el 28 de Septiembre de 2012, de Plegable técnico de la PTAR Salitre:

http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/Plegable_tecnico.pdf

EAAB. (2004). *Plegable técnico de la PTAR Salitre*. Recuperado el 30 de Septiembre de 2012, de

http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/html/resources/PTAR/Plegable_tecnico.pdf

EAAB. (2008). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos*. Bogotá: EAAB.

EAAB. (2010). *Manual de calidad*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2012, de Manual de calidad:

http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDgQFjAC&url=http%3A%2F%2Fweb.acueducto.com.co%2FRedMatriz%2FRedMatriz%2Farchivos%2FManual_de_Calidad.ppt&ei=_r1GUPjSMIro9ATd9IGQAg&usg=AFQjCNFrVpCLGfCozqBILLu3juwPPt3T5A

El tiempo. (2018 de Octubre de 2018). *Crisis en Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales del río Bogotá*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de El tiempo:

<https://www.eltiempo.com/bogota/plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-estan-contaminando-el-rio-bogota-280670>

Empresa de acueducto de Bogotá. (2016). *Brochure general PTAR SALITRE*. Bogotá: Empresa de acueducto de Bogotá.

Empresa públicas de cundinamarca S.A. (2018). *PTAR en construcción u optimización*. Bogotá: Empresa públicas de cundinamarca S.A.

EPM. (2016). *Modelos de procesos del grupo EPM*. Medellín: Empresas públicas de medellín.

Ercin, A., Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (Marzo de 2012). *THE WATER FOOTPRINT OF FRANCE*. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de THE WATER FOOTPRINT OF FRANCE: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Report56-WaterFootprintFrance.pdf>

Escobar, F., & Ocampo, F. (2017). *Estudio de la viabilidad técnico económica para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en en Coctemar sede Mamonal*. Barranquilla: Universidad del Norte.

García, L. A. (2016). *GESTIÓN DE PROYECTOS SEGÚN PMI*. Cataluña: Universitat Oberta de Catalunya.

García, N. O. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. Chetumal: Universidad de Quintana Roo.

Garrido, A., Llamas, M., Varela-Ortega, C., Novo, P., Rodríguez-Casado, R., & Aldaya, M. (2010). *Water Footprint and Virtual Water Trade in Spain*. Madrid: Springer.

Gobierno_en_linea. (2010). *Sistema Único de Información de los Servicios Públicos*.

Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de Sistema Único de Información de los Servicios Públicos: http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=acu_tec_041

Gómez, L. (4 de Septiembre de 2012). *Periódico El Tiempo*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2012, de Periódico El Tiempo: <http://m.eltiempo.com/colombia/bogota/uso-del-agua-en-bogot/9109335>

Gómez, L. (2013). *El Tiempo*. Recuperado el 14 de Marzo de 2012, de El Tiempo: <http://m.eltiempo.com/colombia/en-bogota-el-metro-cubico-de-agua-potable-es-el-mas-carro-del-pais/7740549/1/home>

Gongreso_de_la_República. (1994). Ley 142 de 1994. *Artículo 87*. Bogotá D.C.

González, F. (1990). *Ensayos Ambiente y Desarrollo: reflexiones acerca de la relación entre los conceptos: ecosistema, cultura y desarrollo*. Bogotá D.C. : Javergraf.

Hammeken Arana, A., & Romero, E. (2005). *Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula*. Puebla: Universidad de las Américas.

- Hoekstra, A. (2004). *Huella Hídrica*. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de Huella Hídrica:
<http://www.waterfootprint.org/index.php?page=files/home>
- Hoekstra, A., & Chapagain, A. (2010). *Globalización del agua: Compartir los recursos de agua dulce del planeta*. Barcelona: Marcial Pons.
- Hoekstra, A., Booij, M., Hunink, J., & Meijer, K. (Junio de 2012). *Blue water footprint of agriculture, industry, house holds and water management in the Netherlands*.
Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de Blue water footprint of agriculture, industry, house holds and water management in the Netherlands:
<http://www.waterfootprint.org/Reports/Report58-BlueWF-NL.pdf>
- Hoekstra, A.Y. (2012). *waterfootprint*. Recuperado el 20 de Agosto de 2012, de waterfootprint:
<http://www.waterfootprint.org/index.php?page=files/Publications>
- Huella hídrica, d. y. (Diciembre de 2011). *Fundación_MAPFRE*. Recuperado el 22 de Agosto de 2012, de Fundación_MAPFRE: <http://www.huellahidrica.org/Reports/FundacionMapfre-2011-huella-hidrica-y-desarrollo-sostenible.pdf>
- IAGUA. (2016). *IAGUA*. Obtenido de Planta de tratamiento de aguas residuales:
<https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- Lizarazo, J., & Orjuela, M. (2013). *Sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional.
- Macías, J. G. (2013). *Los lodos de las plantas de tratammientos de aguas residuales ¿problema o recurso?* Guadalajara: Academia de Ingeniería de México.

MADS. (Octubre de 2010). Recuperado el 17 de Abril de 2013, de

http://www.cornare.gov.co/Memorias/MemoriasDecreto3930/proyecto_de_resolucion_limites_permisibles.pdf

MADS. (2010). *Resolución: Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites*

máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a

sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones. Recuperado el 29 de

Marzo de 2013, de www.minambiente.gov.co/...norma/.../300412_proy_norma_vertimi

MAVDT. (26 de Junio de 1984). *Decreto 1594 de 1984.* Recuperado el 1 de Abril de 2013, de

<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

MAVDT. (1 de Abril de 1997). *Decreto 901 de 1997.* Recuperado el 9 de Mayo de 2013, de

http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_0901_010497.pdf

MAVDT. (30 de Octubre de 2003). *Decreto 3100 de 2003.* Recuperado el 2 de Marzo de 2013,

de Por el cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales:

http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_3100_301003.pdf

MAVDT. (30 de Octubre de 2003). *Decreto 3100 de 2003.* Recuperado el 9 de Mayo de 2013,

de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15073>

MAVDT. (2010). Recuperado el 22 de Julio de 2013, de Proyecto de la Resolución por la cual se

establecen las normas y los valores límites máximos permisibles de parámetros en

vertimientos puntuales a sistemas de alcantarillado público y a cuerpos de aguas

continentales superficiales: <http://www.grupaac.com/proyecto-de-resolucion-del-mavdt-vertimientos>

MAVDT. (s.f.). *Decreto 2667 de 2012*. Recuperado el 9 de Mayo de 2012, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=51042#0>

MAVDT. (s.f.). *Decreto 3440 de 2004*. Recuperado el 9 de Mayo de 2013, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=15072>

Mesa Cuadros, G. (2010). *Derechos ambientales en perspectiva de integralidad*. Bogoá: Universidad Nacional de Colombia.

Metro_cuadrado. (2010). *Ciudades y precios de finca raíz*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de Ciudades y precios de finca raíz: http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/ciudyprec_m2/inforbog_m2/informaciongeneralbogot/ARTICULO-WEB-PL_DET_NOT_REDI_M2-2026901.html

MillenniumEcosystemAssessment. (2005). *Evaluación de los ecosistemas del Milenio*. Recuperado el 19 de Agosto de 2012, de Evaluación de los ecosistemas del Milenio: <http://www.maweb.org/documents/document.439.aspx.pdf>

Ministerio de Vivienda. (2014). *Decreto 1287*. Bogotá: Ministerio de Vivienda.

Naciones_Unidas. (14 de Junio de 1992). *Declaración del Río sobre el medio ambiente y desarrollo*. Recuperado el 23 de Agosto de 2012, de Declaración del Río sobre el medio ambiente y desarrollo: http://www.bioculturaldiversity.net/Downloads/Papers/Rio_declaration_Spanish.pdf

- Nahuelhuén, C. I. (2005). *Diferencias en el uso de herramientas y mecanismos de control entre Pymes y grandes empresas chilenas*. Santiago: Universidad de Chile.
- Narvaez, D., Moscoso, L., & Arias, B. (2014). *La gestión de proyectos en la empresa V+V Proyectos LTDA*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- OBS. (Febrero de 2016). *OBS*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2018, de Gestión de proyectos: PMI: <https://www.recursoenprojectmanagement.com/gestion-del-cronograma/>
- OPS. (2001). *Informe regional sobre la evaluación del sector de agua potable y saneamiento, estado actual y perspectivas*. Recuperado el 2 de Marzo de 2013, de <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaas/e/fulltext/infregio/infregio.pdf>
- Peñaranda Gonzalez, L., Montenegro Gómez, S., & Giraldo Abad, P. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista UNAD*, 10-17.
- PMI. (2017). Gestión de la calidad de un proyecto. En PMI, *PMBOK* (pág. 271). Pennsylvania: PMI.
- PMI. (2017). Introducción. En PMI, *PMBOK Sexta edición* (pág. 27). Newtown Square: PMI.
- PMI. (2017). Monitoreo y control. En PMI, *PMBOK Guide V6* (pág. 516). Pennsylvania: PMI.
- PMI. (2017). *PMBOK® Guide – Sixth Edition*. Obtenido de Project management institute: <https://www.pmi.org/pmbok-guide-standards/foundational/pmbok/sixth-edition>
- Ramalho, R. (2016). *Tratamiento secundario: El proceso de lodos activados*. Madrid: USAL.

- Rodríguez Casado, R., Garrido, A., Llamas, R., & Varela - Ortega, C. (2008). *La huella hidrológica de la agricultura española*. Recuperado el 13 de Octubre de 2010, de La huella hidrológica de la agricultura española:
http://www.huellahidrica.org/Reports/Rodriguez_et%20al_2008.pdf
- Rodriguez, A. J. (2017). *Propuesta para la producción de un abono orgánico partiendo de los lodos residuales de la planta de tratamiento del colegio Rochester*. Bogotá: Universidad de América.
- Rodríguez, S. S. (2012). *Metodología de la gestión de riesgo en proyectos*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Ruck, R. Z. (2016). *Gestión de proyectos según la guía PMI*. Santa Cruz: PM Santa Cruz.
- Saavedra, M. B. (2002). *Gestión de lodos*. Madrid: CIT INIA.
- Salmoral, G., Dumont, A., Aldaya, M., Rodríguez - Casado, R., Garrido, A., & Llamas, R. (2010). *Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca de Guadalquivir*. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca de Guadalquivir: <http://www.huellahidrica.org/Reports/SHAN%20GUA-web.pdf>
- SDA, & EAAB. (2008). *Calidad del sistema hídrico de Bogotá*. Bogotá D.C., Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- SECOPI. (Noviembre de 2018). *SECOPI*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de <https://www.contratos.gov.co/consultas/inicioConsulta.do>
- Sector de conocimiento y aprendizaje. (2011). *Pautas para la elaboración de estudios de caso*. Ciudad de México: Sector de conocimiento y aprendizaje.

Seto, K. C., Sánchez Rodríguez, R., & Fragkias, M. (2010). The new geography of contemporary urbanization and the environment. *The annual of environment and resources*, 167 - 194.

Shiklomanov, I. (2000). Appraisal and Assessment of World Water Resources. *Water International*, 11-35.

SMA. (2017). *Soluciones medioambientales y del agua S.A.* Obtenido de Lodos activados: <http://www.smasa.net/proceso-lodos-activados/>

Sudirección de geología básica. (2005). *Geología de la sabana de bogotá*. Bogotá: Ingeominas.

Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. (2016). *Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto*. 2016: Superintendencia de servicios públicos domiciliarios.

Sutherland, J. (2017). *¿que és Scrum?* Indiana: Scrum ORG.

Torres, J. N. (2013). *Propuesto metodológica para tratamiento de lodos provenientes de plantas de potabilización en la Sábana de Bogotá*. Bogotá: Universidad Libre.

UNAM. (2016). *¿Qué es la calidad?* Ciudad de México: UNAM.

Universidad Central. (12 de Septiembre de 2018). *Universidad Central*. Obtenido de Coordinación de Comunicaciones: <https://www.ucentral.edu.co/noticentral/plantas-tratamiento-aguas-residuales-del-rio-bogota-generan-gases-efecto-invernadero>

Venegas, A. (16 de Marzo de 2018). *La república*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2018, de Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas

residuales: <https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>

Vera, S., & Rodríguez, M. (2011). *La salud ocupacional como estrategia de competitividad y productividad en las organizaciones*. Bogotá: Universidad de la Sabana.

WWF, Arévalo Uribe, D., & Sabogal, J. (2012). *Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de <http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf>

Zeng, Z., Koeneman, P., Zarate, E., & Hoekstra, A. (16 de Agosto de 2012). Assessing water footprint at river basin level: a case study for the Heihe River Basin in northwest China. *Hydrology and Earth System Science* , págs. 2271 - 2781. Recuperado el 13 de Octubre de 2012, de Assessing water footprint at river basin level: a case study for the Heihe River Basin in northwest China: <http://www.waterfootprint.org/Reports/Zeng-et-al-2012-WaterFootprint-HeiheBasin.pdf>