



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ESTRATEGIAS DEL USO  
DE LODO RESIDUAL COMO MATERIA  
PRIMA EN SMURFIT KAPPA  
CARTON DE VENEZUELA S.A.**

**Autores:** González Reilys  
Ojeda Raquel  
**Tutor:** Ing. Nelly Niño

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego

Telefono: (0241) 8714240 (máster) – Fax: (0241) 8712394



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**ESTRATEGIAS DEL USO  
DE LODO RESIDUAL COMO MATERIA  
PRIMA EN SMURFIT KAPPA  
CARTON DE VENEZUELA S.A.**

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al Título de  
Ingeniero Industrial

**Autores:** González Reilys  
Ojeda Raquel  
**Tutor:** Ing. Nelly Niño

San Diego, Junio del 2019



Universidad José Antonio Páez  
Facultad de Ingeniería

FI-I-001-2019-1CR

Valencia, 18 de Febrero de 2019.

Ciudadano:  
Reilys Gonzáles  
C.I: 19.558.216  
Raquel Ojeda  
C.I:20.444.333  
Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 01-2019 de fecha 18-02-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado **ESTRATEGIAS DEL USO DE LODO RESIDUAL COMO MATERIA PRIMA, EN SMURFIT KAPPA CARTON DE VENEZUELA S.A.** Presentado por usted(es) como requisito para optar al título de Ingeniero Industrial.

Se ratifica la designación del Ing.Nelly Niño, C.I: 9.224.592 y la Ing. Alicia de Pizzella, C.I: 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente

Prof. Luis Lira  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

Ll/c.

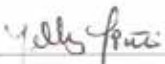


UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INDUSTRIAL  
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

#### ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Nelly Niño, portadora de la cédula de identidad N° V-9.224.592, en mi carácter de tutor del Trabajo de Grado presentado por la ciudadana González Linarez Reilys Coromoto, portadora de la Cédula de Identidad N° V-19.558.216 y la ciudadana Ojeda Mota Raquel Sarahis, portadora de la Cédula de Identidad N° V-20.444.333 titulado **ESTRATEGIAS DEL USO DE LODO RESIDUAL COMO MATERIA PRIMA EN SMURFIT KAPPA CARTON DE VENEZUELA S.A.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Industrial, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 16 días del mes de Mayo del año dos mil Diecinueve.

  
Ing. Nelly Niño  
C.I.: V-9.224.592

## **AGRADECIMIENTO**

**A Dios Todopoderoso**, quien nos ha permitido emprender este largo, maravilloso y duro camino, lleno de vivencias y experiencias inigualables. Gracias a él, que nunca nos abandona en las buenas y malas.

**A nuestra Tutora Nelly Niño**, por sus conocimientos, paciencia, dedicación y compromiso con la elaboración de este trabajo de grado. Por su apoyo incondicional como profesional y como persona.

**A la Universidad José Antonio Páez**, por abrirnos las puertas y brindarnos esta nueva oportunidad de estudio de la mano de los mejores profesores.

**A la Empresa Cartón de Venezuela S.A.**, quien estuvo en todo momento dispuesta a facilitarnos la información necesaria para la elaboración de este proyecto. A todos sus trabajadores y colaboradores, sin el apoyo de ellos este trabajo es posible.

**González R, Ojeda R.**

## **DEDICATORIA**

**A mis padres, Mileida Linarez y Jesús González.** A quienes les debo la vida, me han guiado a lo largo de los años a ser cada día mejor, sin lugar a duda merecen todo mi amor y cariño. Les estaré siempre agradecida por todo lo que me han enseñado. Este logro se lo dedico a ellos.

**A mi hermana, Reidys González.** Quien me acompaña desde el día que nacimos. Mi fiel amiga y compañera. Siempre junta en cada logro.

**A mi apoyo incondicional, Marcos Saez.** Quien ha estado en los momentos que más he necesitado y me apoya en cada paso que doy.

**A mi compañera de tesis, Raquel Ojeda.** Por ser de gran ayuda a lo largo de la carrera y acompañarme a alcanzar esta meta.

**A nuestros profesores de la Universidad,** por brindarnos todos los conocimientos y ayuda a lo largo de nuestra carrera.

**A nuestra tutora Nelly Niño,** por guiarnos a lo largo de la carrera, especialmente en esta recta final.

**A Smurfit Kappa,** quien fue una escuela para mí como persona y profesional.

**A mi jefa, Elizabeth González.** por todas sus enseñanzas y oportunidades que me brindo a nivel profesional y personal. Maestra de vida.

**González Reilys.**

## DEDICATORIA

**A mi madre**, por traerme al mundo y brindarme la oportunidad de vivir maravillosas experiencias, por su apoyo, por su amor, por su ejemplo. Este logro también le pertenece a ella.

**A mi padre**, por no haber estado jamás ausente, por sus recuerdos, por su amor incondicional. Espero poder seguir siendo tu orgullo. En mi corazón, tú vivirás por siempre.

**A mi hermano Irwing Leandro**, por ser mi apoyo y mi mejor amigo, por creer en mí, incluso cuando yo dudo, por amarme y valorarme tanto. Gracias, te amo inmenso.

**A mis tíos (Cesar y Mireya)**, por haber estado presente en cada momento, por haberme dado calor de hogar, por enseñarme la importancia de la familia, por cuidarme como una hija más.

**A mis amigos**, por tantas madrugadas de estudios, por las celebraciones, por las risas y las lágrimas, por los abrazos, por enorgullecerse al hablar de lo que hemos logrado juntos. Gisela, Anna Cristina, Darwin, ustedes no saben lo importante que son para mí.

**A mi compañera de tesis**, por haber estado a mi lado desde mis primeros semestres en la UJAP, por orientarme y guiarme durante este camino académico, por haber sido de ayuda para lograr esta meta juntas.

**A nuestros profesores de la Universidad**, por brindarnos todos los conocimientos a lo largo de nuestra carrera.

**A nuestra tutora Nelly Niño**, por guiarnos y orientarnos, por su profesionalismo, por su vocación, por su aliento, por acompañarnos durante el proceso de hacer realidad nuestra meta.

**Ojeda Raquel.**

## INDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp</b>
Tabla 1. Volumen de Lodo generado (2014-2018).....	18
Tabla 2. Producción Total (2014-2018).....	19
Tabla 3. Utilización de las herramientas.....	38
Tabla 4. Caracterización de lodo.....	68
Tabla 5. Cronograma de mantenimiento de la bomba de descarga del clarificador primario.....	81
Tabla 6. Cronograma formación al personal.....	82
Tabla 7. Planificación de formación al personal.....	83
Tabla 8. Recuperación de Lodo estimado.....	84

## INDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp</b>
Figura 1. Diagrama causa-efecto.....	32
Figura 2. Canal de entrada a planta de tratamiento.....	52
Figura 3. Rastrillo, equipo de desbaste.....	53
Figura 4. Clarificador primario.....	54
Figura 5. Tanque de Lodo.....	54
Figura 6. Prensa Lodo.....	55
Figura 7. Flujograma proceso de lodo.....	56
Figura 8. Lodo residual.....	57
Figura 9. Almacén de Lodo prensado.....	58
Figura 10. Diagrama de Ishikawa.....	61
Figura 11. Rodillos de la prensa de lodo.....	62
Figura 12. Dirección de tuberías de PTE y Preparación de pasta Actual	65
Figura 13. Dirección de tuberías de PTE y Preparación de pasta Modificado.....	66
Figura 14. Nuevo flujograma.....	70
Figura 15. Modelo de petición de oferta.....	76
Figura 16. Dirección grafica de la nueva válvula de compuerta.....	79

## INDICE DE GRAFICOS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp</b>
Gráfico1. Volumen de Lodo generado.....	19
Gráfico 2. Producción Total (2014-2018).....	19
Gráfico 3. Relación grafico 1 vs grafico 2 (2014-2018).....	20
Gráfico 4. Gastos por traslado y disposición final de los lodos (2014-2018).....	21

## INDICE DE CUADROS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pp</b>
Cuadro1. Costos asociados a ensayos de las muestras.....	86
Cuadro 2. Costos asociados a Conexión de tuberías y puesta punto de bomba.....	87
Cuadro 3. Costos asociados al servicio de conexión de tubería.....	87
Cuadro 4. Costos asociados al entrenamiento del personal.....	88

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PP
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	V
<b>DEDICATORIA</b> .....	VII
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VIII
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VIII
<b>INDICE DE GRAFICOS</b> .....	IX
<b>INDICE DE CUADROS</b>	IX
<b>RESUMEN INFORMATIVO</b> .....	XII
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>CAPÍTULO</b>	
<b>I EL PROBLEMA</b>	
1.1 Planteamiento del Problema.....	15
1.2 Formulación del Problema.....	20
1.3 Objetivos de la Investigación.....	21
1.3.1 Objetivo General.....	21
1.3.2 Objetivos Específicos.....	21
1.4 Justificación.....	21
1.5 Alcance.....	22
1.6 Limitaciones.....	22
<b>II MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Antecedentes.....	23
2.2 Bases Teóricas.....	26
2.2.1 Mejoras.....	26
2.2.2 Diagrama de Pareto.....	27
2.2.3 Diagrama Causa – Efecto.....	30
2.2.4 Tormenta de Ideas.....	33
2.2.5 Los 5 porque para determinar la causa raíz de un problema	38
2.2.6 Control de Calidad.....	39
2.2.7 Indicadores de Gestión.....	39
2.2.8 Análisis de Modo y Efecto de Falla AMEF.....	41
2.3 Definición de términos básicos.....	42
<b>III MARCO METODOLÓGICO</b>	
3.1 Tipo de Investigación.....	44

3.2 Diseño de la Investigación.....	44
3.3 Nivel de la Investigación.....	45
3.4 Población y Muestra.....	46
3.4.1 Población.....	46
3.4.2 Muestra.....	46
3.5 Técnicas de Recolección de Datos.....	46
3.5.1 La observación directa.....	47
3.5.2 Entrevista no estructurada.....	47
3.5.3 Análisis estadístico.....	47
3.5.4 La revisión de documentos.....	48
3.6 Técnica de análisis de datos.....	48
3.7 Diseño Metodológico.....	49

#### **IV RESULTADOS**

Fase I: Diagnosticar las variables críticas, ensayos y diagramas de flujo en el proceso de recuperación de lodo en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A	51
4.1.1 Proceso de recuperación del lodo .....	51
4.1.2 Composición físico-química del lodo.....	55
4.1.3 Manejo y disposición actual del lodo dentro de la planta de tratamiento de efluentes.....	56
4.1.4 Impacto organizacional que genera el almacenamiento del lodo residual dentro de la planta .....	58
4.1.5 Debilidades obtenidas a través de la observación realizada	59
4.1.6 Aporte de los involucrados en la problemática señalada	59
Fase II: Analizar requerimientos del proceso para incorporar el lodo en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A .....	60
4.2.1 Análisis de los problemas encontrados en el almacén de lodo .....	64
4.2.2 Clasificación de los requerimientos necesarios para la incorporación del lodo .....	71
4.2.3 Disponibilidad de la empresa en base a los requerimientos analizados en el punto anterior .....	70
Fase III: Diseñar las estrategias para el uso de lodo residual como materia prima en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A	75
4.3.1 Estrategia 1: Modificación y adecuación del proceso para la incorporación del lodo en el proceso productivo.....	75
4.3.2 Estrategia 2: Plan de formación del personal involucrado en el proceso .....	82
4.3.3 Beneficios de las estrategias propuestas.....	83
Fase IV: Evaluar la relación costo - beneficio de la propuesta	

diseñada en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A	85
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	95



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA  
CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTRATEGIAS DEL USO DE LODO RESIDUAL COMO MATERIA PRIMA  
EN SMURFIT KAPPA CARTON DE VENEZUELA S.A.**

**Autor:** González, Reilys  
Ojeda Raquel  
**Tutor:** Ing. Nelly Niño  
**Fecha:** Junio, 2019

**RESUMEN**

La presente investigación se desarrolló en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, ubicada en la zona industrial sur de la ciudad de Valencia, Estado Carabobo, organización transnacional líder en la producción, comercialización y distribución de bobinas, láminas de papel y cartón para el consumo a nivel nacional e internacional. En la actualidad existe la necesidad de reducir los costos generados por el traslado de lodo residual que se genera en la planta de tratamiento de efluentes de esta organización, así como también, el impacto ambiental que genera en los vertederos municipales, por ello el objetivo de esta investigación es evaluar las variables críticas que intervienen en la generación del lodo durante cada etapa del proceso productivo, los ensayos y los diagramas de flujo para determinar las propiedades que tiene el lodo residual para incluirlos como parte de la materia prima en la generación de papel. Es por esto que se realizó un estudio que permitió el análisis del proceso de planta de tratamiento y la generación de lodo para determinar la factibilidad del proyecto, así como también un análisis de costo beneficio de las modificaciones planteadas.

La investigación es de tipo proyecto factible, basado en una investigación de campo con nivel documental y nivel descriptivo, usando técnicas de recolección de datos, revisión documental, observación directa, entrevistas, entre otros.

**Descriptor:** Lodo residual, Materia Prima, Proceso.

## INTRODUCCIÓN

Actualmente, las empresas necesitan mejorar sus procesos para lograr mantenerse en el mercado en el cual se desarrollan, evaluando sus procedimientos orientados al logro de los objetivos organizacionales. En la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, empresa líder en la fabricación de papel y cartón, se generan lodos residuales como parte de los desechos producidos en la planta de tratamiento de efluentes, contienen alto porcentaje de fibras y nutrientes provenientes del proceso productivo, una vez el lodo pierde gran parte de su humedad, la empresa lo dispone a vertederos municipales que en la actualidad se encuentran colapsados ante estas implicaciones, el presente estudio está orientado a plantear estrategias en el uso del lodo residual como materia prima en esta organización con la finalidad de disminuir los costos de posesión, disposición y traslado que genera, así como el impacto ambiental producido en los vertederos municipales. Para ello, el estudio se desarrollará bajo la modalidad de un proyecto factible, el cual estará estructurado en cuatro (04) capítulos, detallados a continuación:

Capítulo I, El Problema: contiene la exposición de la situación problemática enmarcada en el planteamiento del problema, el establecimiento de los objetivos de la investigación tanto general, como específicos, así como la justificación de la investigación, alcance y por ultimo las limitaciones que circunscriben el desarrollo del problema.

Capítulo II, Marco Teórico: se refiere al marco teórico y está integrado por los antecedentes que son investigaciones similares en las cuales se basa el desarrollo de este proyecto y se definen conceptos claves para la realización del mismo. Su

objetivo, es crear la base teórica que sustenta las técnicas y herramientas a utilizar en el desarrollo de esta investigación.

Capítulo III, Marco Metodológico: se describen el tipo y nivel de investigación, así como su diseño metodológico, lo cual señala el procedimiento a realizar en este trabajo, también mencionan las técnicas e instrumentos de investigación, se describe la población y muestra seleccionada y se establecen las fases metodológicas que permitirán conocer el cómo se obtendrán los datos para el logro de los objetivos.

Capítulo IV, Resultados: Comprende la propuesta aprovechar el lodo generado en planta de tratamiento y utilizarlo como parte de materia prima, donde se detalla el uso y la aplicación de herramientas de ingeniería industrial, además se muestran los resultados obtenidos del estudio y sus respectivos análisis.

Finalmente, se presentan las conclusiones de la investigación, las recomendaciones para trabajos futuros, así como la bibliografía consultada que sirvió para la elaboración del marco teórico y las propuestas de mejora.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

En el proceso de fabricación de papel y cartón, las materias primas utilizadas son productos papeleros reciclados tales como (papel periódico, archivo blanco, cartón corrugado, etc.). La empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, ubicada en la Zona Industrial Sur de Valencia Edo. Carabobo, líder en la fabricación de papel y cartón recubierto y no recubierto, cuenta con el siguiente proceso de producción, inicia con la recepción de la materia prima, seguidamente se procede a preparar la pasta o pulpa, que consiste en la mezcla de la materia prima con agua y aditivos, una vez mezclada la pulpa es incorporada a través de tuberías a dos platos giratorios donde se produce el desfibrado o desprendimiento de fibra. Debido a la cantidad de impurezas que contiene la materia prima, la pulpa debe pasar por un proceso de limpieza de alta y baja densidad, una vez esté completamente limpia, se espesa y refina para obtener valores de consistencias ideales de acuerdo al tipo de papel o cartón que se producirá, los cuales varían entre tres 3 y 6 %.

Con la pulpa en condiciones, se traslada a través de tuberías hacia 3 tanques que alimentan la maquina papelera (Kobayashi), este proceso inicia en la sección húmeda donde el material pasa por tres etapas (depuración, formación de la hoja y prensado), continua hacia el proceso de secado, donde a través de vapor, el papel obtiene la humedad requerida de acuerdo a especificaciones de calidad, se procede a realizar el calandrado húmedo por medio de dos rodillos que ejercen presión a la hoja, se aplica recubrimiento y para finalizar, el proceso de enrollado donde a través de una maquina giratoria transforma la extensión de la hoja en forma recta a bobinas. Este proceso se lleva cabo para obtener como producto terminado el papel y cartón. Los sistemas de

control del proceso con que cuenta la empresa son: la verificación de la calidad de los productos terminados y la planta de tratamiento de efluentes.

En las líneas de producción de la empresa Smurfit Kappa, Cartón de Venezuela, se generan efluentes líquidos que contienen distintos contaminantes como: plásticos (polietileno y anime), arena, materia prima sin desfibrar, además de los aditivos funcionales y residuos generados en diferentes áreas. El alto contenido de materia orgánica (65%-75%) y de algunos químicos hace que estos efluentes sean contaminantes más no peligrosos, razón por la cual deben ser colectados y conducidos hacia la planta de tratamiento, en donde se tratan biológicamente. Los efluentes del sistema son residuos propios del proceso, ya que forman parte directa de la formulación y sistemas de limpieza, ellos se generan: en el área de la máquina de papel, en la sección de preparación de pasta, en la sección húmeda del proceso y en el área de Casa de Fuerza (generación de servicios generales); desde estos puntos son enviados a la planta de tratamiento a través de un canal de concreto.

Esta planta de tratamiento, consiste en un sistema de lodos activados basado en un proceso primario y un proceso secundario. El proceso primario está conformado por sistemas de desbaste para eliminar sólidos con tamaños mayores a 2 cm y un clarificador primario donde se sedimentan los sólidos suspendidos. El tratamiento secundario consta de un reactor biológico y dos clarificadores secundarios. El reactor biológico tiene la función de disminuir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO) por acción de la degradación de la materia orgánica realizada por los microorganismos que en él se encuentra. Este tratamiento requiere de aireación para otorgar oxígeno a los microorganismos, adicionalmente es necesario dosificar nutrientes como agua amoniacal y ácido fosfórico.

Seguidamente se encuentra un distribuidor que redirecciona el caudal total a los dos clarificadores secundarios. Estos reciclan parte del lodo al reactor biológico y el resto se envía al tanque de lodo para su deshidratación. El lodo primario y secundario generado en los clarificadores se mezcla en un tanque de lodo, y a su vez alimenta a

la prensa de banda transportadora, en ella se dosifica un polímero que acondiciona las propiedades físicas del lodo.

El filtro prensa está diseñado para espesar el lodo a una consistencia aproximada del 27 al 30%. La planta de tratamiento de aguas residuales produce aproximadamente 8 toneladas día de lodo prensado, los cuales son transportados a un almacén techado, una vez el almacén supera la capacidad mínima de almacenamiento se traslada el lodo a través de camiones al relleno sanitario. Esta situación genera gastos de transporte y de disposición final significativamente alto, adicionalmente a lo largo del tiempo ha venido mermando la capacidad de almacenamiento de los vertederos generando colapsos dentro de ellos por el incremento del volumen de desechos en el estado Carabobo, gracias a ello, la empresa opta por incrementar el tiempo de almacenamiento del lodo, generando malos olores y lixiviados que ocasionan situaciones que afectan a los trabajadores del área y genera impactos ambientales.

Al realizar una revisión documental desde el año 2014 al 2018 se encontró que los volúmenes generados de lodo han disminuido progresivamente, así como también los volúmenes de producción. Estos valores se encuentran relacionados proporcionalmente por lo que se puede evidenciar que durante los años 2016 y 2017 se generó más lodo que el resto de los años analizados.

A continuación, las tablas del 1 al 2 y gráficas del 1 al 3 expresan los datos de los volúmenes de lodo prensado y producción de papel y cartón desde el año 2014 hasta el 2018.

**Tabla 1.** Volumen de Lodo generado (2014-2018)

Trimestre	2014	2015	2016	2017	2018
Q1	1846	1321	1678	923	321
Q2	2150	1954	1723	1820	228
Q3	1934	1578	1289	989	132
Q4	895	577	425	588	369
Total	6825	5430	5115	4320	1050

Autor: González, Ojeda. (2018)

**Gráfico 1.** Volumen de Lodo generado



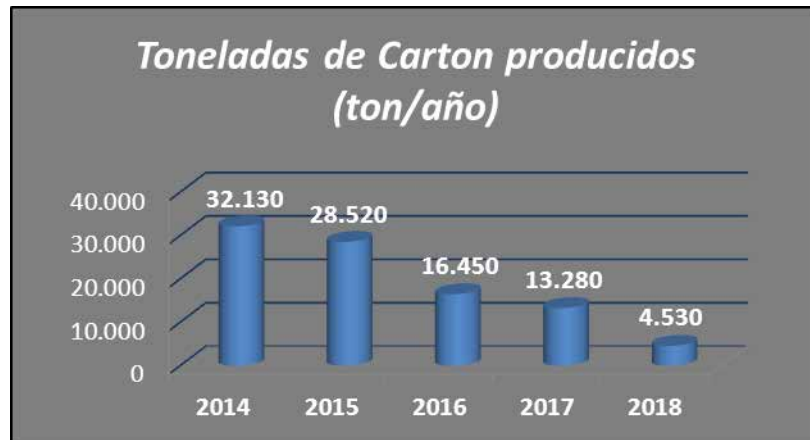
Autor: González, Ojeda. (2018)

**Tabla 2.** Producción Total (2014-2018)

Trimestre	2014	2015	2016	2017	2018
Q1	6245	4820	2620	3020	934
Q2	11450	8530	6180	4590	1230
Q3	9320	11420	5200	4201	991
Q4	5115	3750	2450	1469	1375
Total	32130	28520	16450	13280	4530

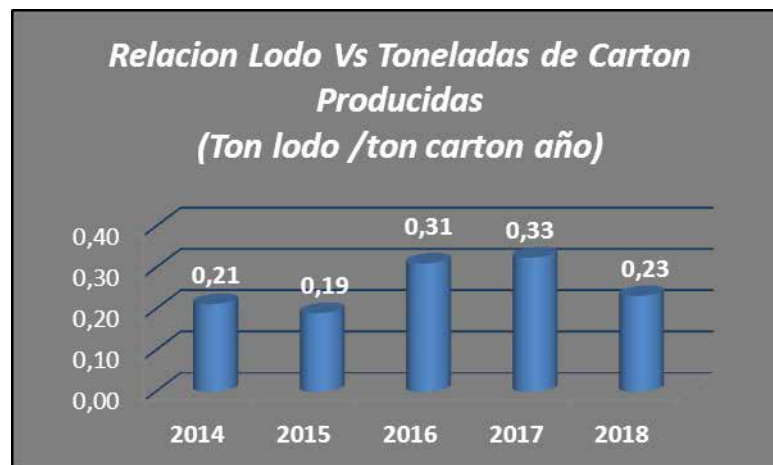
Autor: González, Ojeda. (2018)

**Gráfico 2.** Producción Total (2014-2018)



**Autor:** González, Ojeda. (2018)

**Gráfico 3.** Relación grafico 1 vs grafico 2 (2014-2018)



**Autor:** González, Ojeda. (2018)

Con ello se podrá evidenciar que a pesar de que el volumen de lodo generado en los últimos cinco (5) años ha disminuido, al relacionarlo con las toneladas de papel y cartón producido, estos valores en promedio se mantienen en un 25%, es

decir, por cada una (1) tonelada de cartón producido, se genera 0,25 toneladas de lodo.

Los costos asociados al traslado y disposición final del lodo biológico se expresa en la gráfica 4.



**Gráfico 4.** Gastos por traslado y disposición final de los lodos (2014-2018)

Autor: González, Ojeda. (2018)

Se puede evidenciar que el comportamiento de los gastos ha variado en los cinco (5) años de estudio. Debido a la problemática de los vertederos, los costos de ingreso de desechos han incrementado en el tiempo, así como los gastos de flete, por lo que a pesar de que la generación de lodo del 2014 al 2018 ha disminuido los gastos no se comportan de la misma manera, esta situación la genera el incremento de precios que viene relacionada con la condición inflacionaria del país, es decir, los precios de los fletes incrementan semanalmente a pesar de que no varíe la cantidad de lodo transportado y la distancia recorrida. Los pagos de aranceles para el ingreso del desecho incrementan a medida de que el vertedero requiera mayor mantenimiento por exceso de volumen. Este gasto afecta considerablemente el presupuesto anual de la empresa por lo variable que puede ser durante todo el año.

## 1.2 Formulación del problema

Dada la situación, se establece la siguiente interrogante ¿Qué estrategias basadas en las técnicas de la ingeniería industrial, permitirán aprovechar el lodo generado en Smurfit Kappa Cartón de Venezuela?

### **1.3 Objetivo de la investigación**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer estrategias que conlleve al aprovechamiento de lodos generados en la planta de tratamiento de efluentes de Smurfit Kappa Cartón de Venezuela utilizando herramientas de ingeniería industrial.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar las variables operacionales y críticas que intervienen en el proceso de recuperación de lodo residual.
- Analizar requerimientos del proceso para incorporar el lodo residual en el proceso productivo, basado en el análisis realizado.
- Diseñar las estrategias para el uso de lodo residual como materia prima en el proceso productivo.
- Evaluar económicamente la propuesta a través de la relación Beneficio-Costo.

### **1.4 Justificación de la investigación**

Actualmente en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, se generan 240 toneladas/mes de lodo, los mismos deben ser trasladados a vertederos municipales generando gastos considerables de acarreo e impactos ambientales que afectan el funcionamiento del mismo. Es por ello que nace la propuesta de determinar la factibilidad del uso de los lodos provenientes de la planta de tratamientos de efluentes, para ser incorporados como parte del proceso productivo. Estos lodos pueden aportar volumen a la mezcla de pulpa para la fabricación del cartón, disminuyendo el consumo de materia prima en pacas y mejorando de manera significativa el proceso de alimentación de la máquina.

Para lograrlo, es necesario dentro del marco de la mejora continua, realizar un estudio utilizando herramientas de ingeniería industrial que identifique la factibilidad del uso del lodo residual de manera que se puedan diseñar propuestas que traigan como beneficios: aumento de la productividad, aumento de la calidad del cartón, fluidez del proceso, disminución de acarreo internos y externos, mejora de proceso por aprovechar los recursos disponibles.

Con la aplicación de esta mejora, se disminuirían los costos asociados a transporte y almacenamiento de lodos prensados y aporta significativamente al impacto ambiental que sufren actualmente los vertederos del estado Carabobo por exceso de desechos almacenados.

### **1.5 Alcance de la investigación**

Esta investigación está dirigida a la recuperación de lodo residual en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, ubicada en la zona industrial Sur de Valencia Edo. Carabobo, el cual tiene como objeto disminuir los gastos generados por acarreo internos y externos, así como también el impacto generado en los vertederos del estado Carabobo.

### **1.6 Limitaciones**

El tiempo de estudio es el mayor factor limitante, debido a que solo se podrá aprovechar el lodo cuando este cumpla con las características necesarias de consistencias. Adicionalmente, la dirección de las tuberías por donde fluirá el lodo hasta su destino final cuenta con tramos verticales reduciendo la capacidad de bombeo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

El marco teórico es una de las partes de la investigación que permite describir, comprender, explicar e interpretar el problema desde un plano teórico, así como el planteamiento de las hipótesis que contienen una respuesta al problema de estudio. Amplía la descripción y análisis del problema, orienta hacia la organización de datos o hechos significativos para descubrir las relaciones de un problema con las teorías ya existentes e integra la teoría con la investigación. “El marco teórico o marco referencial, es el producto de la revisión documental-bibliográfica, y consiste en una recopilación de ideas, posturas de autores, conceptos y definiciones, que sirven de base a la investigación por realizar” (Arias, 2012, p. 107).

#### **2.1 Antecedentes de la Investigación**

Los antecedentes de la investigación son trabajos realizados anteriormente con respecto a la o las variables de estudio, pueden ser investigaciones de pre grado o post grado, así como también artículos científicos entre otros trabajos que muestran el resumen de la investigación. La revisión y consideración de esta parte de la investigación orienta al investigador a analizar hasta donde ha llegado el tema de investigación y que vacíos han quedado. Por último servirán para la discusión.

Al respecto, el mencionado autor manifiesta que “Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones”. (Arias, 2012, p. 107). Lo que permitió hacer uso de las siguientes fuentes:

Lozano M. y González S. (2016), realizaron un trabajo especial de grado titulado **“Uso de residuos cerámicos en la producción de ladrillos de arcilla cocidos del sector alfarero de Candelaria”**, para optar por el título de Ingeniero Industrial, de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos de la incorporación de residuos de la producción de ladrillos en la mezcla para nuevos elementos de arcilla cocida, para dos empresas alfareras del Municipio de Candelaria. Además identificaron la secuencia productiva de las dos ladrilleras estudiadas, mediante la realización de un diagrama de procesos donde identificaron cada una de las etapas que conforman la fabricación de ladrillos cocidos de arcilla, una vez descritas las características de la mezcla para ladrillos cocidos de arcilla en estado húmedo, analizaron la influencia de la adición de residuos de la producción de ladrillos en las propiedades mecánicas del material. Los resultados de este caso de estudio indican que se pueden proveer caminos económicamente factibles hacia el desarrollo industrial sostenible. El objetivo de esta metodología básicamente es encontrar toda la información posible para identificar que la reutilización de material como materia prima puede ser económicamente y ambientalmente atractivo para la industria ladrillera.

El estudio estuvo fundamentado en un conjunto de suposiciones económicas. La primera suposición es que el objetivo principal de un negocio es la ganancia. La segunda suposición es que un negocio es capaz de diseñar una estrategia que incremente la rentabilidad mientras se encuentre dentro de sus leyes, regulaciones y ética. La tercera suposición es que el negocio tiene toda la información pertinente sobre sus propios procesos manufactureros con su respectiva estructura de costos. La cuarta y última suposición es que los negocios no tienen información veraz sobre otras industrias más que la suya. El resultado de este análisis es la identificación del set de instalaciones con los mejores incentivos pre existentes para implementar o incrementar el uso de material residual en el proceso productivo.

Para esta investigación, este trabajo es importante, ya que proponen una nueva aproximación hacia la búsqueda de reciclaje a través de las barreras de la industria, se

identificaron instalaciones de fabricación de ladrillos en los Estados Unidos que tienen mayor probabilidad de ganar un beneficio económico sustancial de la reutilización de los materiales.

Seguidamente, Rivero, E (2011) presentó un trabajo de pasantías titulado **“Propuesta de mejora para la disminución del desperdicio de materia prima en el proceso de corrugado para la elaboración de cajas de cartón en la Planta Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A”**, en la Universidad José Antonio Páez. Su objetivo general se basó en el control de desperdicios del proceso de corrugado, a través de un conjunto de acciones como: procedimientos para la medición de las variables humedad y dureza en las bobinas de papel, mejorar los formatos de no conformidades y el aspecto de formación de operadores y supervisores de producción en talleres de liderazgo y de Lean Manufacturing. Finalmente en los resultados los autores evidenciaron que entre las causas que generaban el desperdicio se diferenciaban las propias de los materiales y otras causas debido a las fallas de los métodos de trabajo usados por los operadores, logrando disminuir considerablemente la cantidad de desperdicio.

El aporte de esta investigación radica en la forma de evaluar y cuantificar los desperdicios y cómo clasificarlos, lo cual sirvió de guía para realizar la toma de datos en esta investigación.

De igual manera, Guarín M., Serrano H., y Smith M., (2010) en su trabajo de grado para optar al título de Licenciado de Administración de la Universidad Nacional Abierta, denominado **“Plan de negocio para la instalación de una empresa clasificadora y compactadora de desechos sólidos en Cumaná Estado Sucre, Venezuela”** señalan que el aumento de desechos ha obligado a redefinir el uso de materias primas y materiales en el sector industrial, así como replantear nuevas oportunidades de negocios y nuevos empleos en la recolección, acopio, tratamiento de la basura, para su re inserción en los diferentes procesos productivos de bienes y servicios. Se refiere en este trabajo a que “Los desperdicios se pueden convertir en fuente de riqueza para las comunidades que los generan”. Es por ello que los autores

proponen la instalación de una empresa clasificadora y compactadora de desechos sólidos para la ciudad de Cumaná, estado Sucre, este trabajo fue realizado bajo la metodología de investigación proyecto factible, en su elaboración recopilaron diversa información de fuentes bibliográficas, así como contactos personales, a través de entrevistas a miembros de la comunidad, trabajadores y empresarios dedicados al manejo de desechos sólidos y a las autoridades del Municipio Cumaná del estado Sucre. Entre las conclusiones de este trabajo de investigación que destacan los autores, se tiene que la instalación de una empresa clasificadora y compactadora de desechos sólidos para la ciudad de Cumaná, estado Sucre, resultaría “financieramente atractivo” con una Tasa Interna de Retorno (TIR) positiva con un periodo de recuperación de un año. Esto aunado al beneficio ambiental que produce.

El análisis de la investigación ha sido una importante contribución al presente trabajo de investigación, en este se ratifica la necesidad de implementar planes para la reutilización de desechos sólidos como materia prima, ya que esto redundaría en beneficio ambiental, además de ser fuente de rentabilidad económica.

## **2.2 Bases Teóricas**

Citando a Arias, F. (2012), “Las bases teóricas implican un desarrollo amplio de los conceptos y proposiciones que conforman el punto de vista o enfoque adoptado, para sustentar o explicar el problema planteado”. (p. 108). Por lo tanto, esta sección puede dividirse en función de los contenidos que integran la temática tratada o de las variables que serán analizadas.

### **2.2.1 Mejoras**

El término mejoras hace referencia a la acción y a la consecuencia de perfeccionar algo, haciéndolo pasar de un estado bueno a uno mejor; de igual forma, cuando un individuo se coloca en un lugar o nivel mucho más provechoso respecto del que supo ocupar también se designan a través de la palabra mejorar. Normalmente se usa cuando se quiere dar cuenta de una evolución.

Por su parte, el plan de mejoras es un instrumento que permite identificar y jerarquizar las acciones factibles para subsanar las principales debilidades y así

mejorar el rendimiento obteniendo mejores beneficios. Un plan de mejoras debe fijar objetivos, diseñar actuaciones y nombrar responsables, disponer de recursos para llevar a efecto la medida, estableciendo objetivos, es decir, debe establecer unos indicadores.

- **Objetivos:** Deben ser, ambicioso, sugerente, relevante, específico, alcanzable, medible, con un corto plazo.
- **Actuaciones:** Son acciones concretas que deben realizarse para alcanzar el objetivo. Cada objetivo puede concretarse en una o más acciones.
- **Responsable:** Persona a la que se le encomienda la tarea de diseñar las acciones, ocuparse de su seguimiento, vigilar el cumplimiento de los plazos.
- **Recursos:** Medios que se disponen para desarrollar una actuación. Puede tratarse de documentación, normativas, bibliografía, esquema de trabajo, entre otros.
- **Procedimientos de trabajo:** Es la manera en la que se va a desarrollar la situación prevista. Debe especificar, por ejemplo, en qué momento se va a realizar esta actuación, que metodología de trabajo se va a seguir (trabajo individual, puesta en común, uno del trabajo de correo...), etc.
- **Calendarios:** Precisa cuanto tiempo se va a dedicar a cada actuación a cada fase de ella. Puede incluir también momentos de seguimientos de las actuaciones.
- **Indicadores:** Son medios para comprobar de forma objetiva si nos acercamos al objetivo previsto y si las actuaciones se han desarrollado según lo previsto.

### 2.2.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto también llamado diagrama de curva cerrada o distribución ABC, es una gráfica para organizar datos de modo que estos queden en orden descendentes, de izquierda a derecha y separados por barras, permitiendo asignar de manera ordenada prioridades. Domenech, (2012) lo define de este modo:

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas, el 20%, producen la mayoría de los efectos, el 80%. Se

trataría pues de identificar ese pequeño porcentaje de causas “vitales” para actuar prioritariamente sobre él. (p, 164).

El diagrama permite mostrar de manera gráfica el principio de Pareto (poco vitales, muchos tribales), es decir, que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Mediante la gráfica colocamos los “pocos que son vitales” a la izquierda y los “muchos tribales” a la derecha. El diagrama facilita el estudio de las fallas en la industria o empresas comerciales.

Hay que tener en cuenta que tanto la distribución de los efectos como sus posibles causas no son un proceso lineal sino que el 20% de las causas totales hace que sea originado el 80% de los efectos. El principal uso que tiene el elaborar este tipo de diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. Evaluar todas las fallas, saber si se pueden resolver o mejor evitarlas. Para aplicar, interpretar y analizar los datos arrojados por la herramienta, se procede a detallar ciertos aspectos relevantes que destaca el autor, como por ejemplo:

### **Cuando se utiliza**

- Al identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ej. Por producto, segmento del mercado, área geográfica, etc.).
- Al buscar causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos pueden clasificarse en categorías (cuando el rango de la categoría es importante).

El Pareto es una herramienta de análisis de datos principalmente utilizada y es por lo tanto útil en la determinación de la causa principal durante un esfuerzo de resolución de problemas. Este permite ver cuáles son los problemas más grandes, permitiéndoles a los grupos establecer prioridades.

En casos típicos, los pocos (pasos, servicios, ítems, problemas y causas) son responsables por la mayor parte del impacto negativo sobre la calidad. Si enfocamos nuestra atención en estos pocos vitales, podemos obtener la mayor ganancia potencial de nuestros esfuerzos para mejorar la calidad. Un equipo puede utilizar la gráfica de Pareto para varios propósitos durante un proyecto para lograr mejoras:

- Para analizar las causas.
- Para estudiar los resultados.
- Para planear una mejora continua.

Las gráficas Pareto son especialmente valiosas como fotos de “antes y después” para demostrar que proceso se ha logrado. Como tal, la gráfica Pareto es una herramienta de análisis sencilla pero poderosa.

### **Como se utiliza**

- Seleccionar categorías lógicas para el tópico de análisis identificado (incluir el periodo de tiempo).
- Reunir datos (ej. Una hoja de revisión puede utilizarse para reunir los datos requeridos).
- Ordenar los datos de la mayor categoría a la menor.
- Totalizar los datos para todas las categorías.
- Computarizar el porcentaje del total que cada categoría representa.
- Trazar los ejes horizontales y verticales en un papel para gráficas.
- Trazar la escala de los ejes verticales izquierdo para frecuencia (de cero al total según se calculó).
- De izquierda a derecha, trazar una barra para cada categoría en orden descendiente. La “otra” categoría siempre será la última sin importar su valor.

- Trazar la línea del porcentaje acumulativo que muestre la porción total que cada categoría de problemas representa.
- Trazar la línea de porcentaje acumulativo.
- Dar un título a la gráfica, agregar la fecha(s) cuando se reunió la información y la fuente de los datos.
- Analizar la gráfica para determinar los “pocos vitales”.

### **Consejos para la construcción/interpretación**

- Una gráfica Pareto es una gráfica de barras que enumera las categorías en un orden descendiente de izquierda a derecha.
- Un equipo puede utilizar una gráfica Pareto para:
  - Analizar causas.
  - Estudiar resultados y planear una mejora continua.

Una “trampa” que hay que considerar al tratar de interpretar la gráfica Pareto es que algunas veces los datos no indican una clara distinción entre las categorías. Este problema se manifiesta en una de dos formas:

- Todas las barras en una gráfica Pareto son más o menos de la misma altura.
- Se necesita más de la mitad de las categorías para sumas más del 60% del efecto de la calidad.

Se deberá tratar de estratificar los datos de una manera diferente y repetir el análisis de Pareto. Es posible que los porcentajes nunca sean exactos, pero los equipos generalmente encuentran que la mayoría de los problemas viene de solo unos pocos problemas cuidadosamente estratificados.

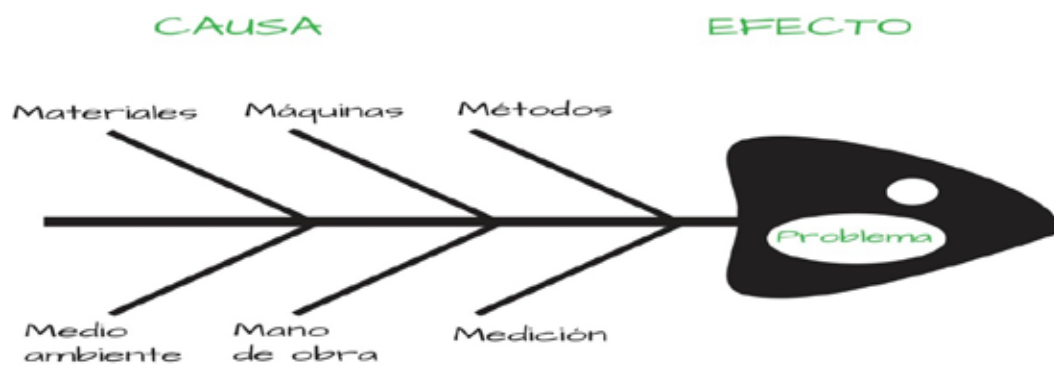
### **Una gráfica de Pareto generalmente se relaciona con otras herramientas:**

- Diagrama causa y efecto.
- Hoja de revisión.
- Checklist para la reunión de datos.
- Matriz para la planeación de acciones.

### **2.2.3 Diagrama causa-efecto**

Según La Sociedad Latinoamericana para la Calidad (2014): “El diagrama causa-efecto se puede definir como una representación gráfica en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha” (p. 29)

Los diagramas causa-efecto ayudan a los estudiantes a pensar sobre todas las causas reales y potenciales de un suceso o problema, y no solamente en las más obvias o simples. Además, son idóneos para motivar el análisis y la discusión grupal, de manera que cada equipo de trabajo pueda ampliar su comprensión del problema, visualizar las razones, motivos o factores principales y secundarios, identificar posibles soluciones, tomar decisiones y, organizar planes de acción, (ver figura. 1).



**Figura 1: Diagrama causa-efecto**

Fuente: Ishikawa, K (1943)

El diagrama causa-efecto es llamado usualmente diagrama de “Ishikawa” porque fue creado por Kaoru Ishikawa, experto en dirección de empresas interesado en mejora del control de la calidad; también es llamado “diagrama espina de pescado” porque su forma es similar al esqueleto de un pez: está compuesto por un recuadro (cabeza), una (01) línea principal (columna vertebral), y cuatro (4) o más líneas que apuntan a la línea principal formando un Angulo aproximado de 70 grados, (espinas principales). Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (espinas), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario.

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las deferencias teóricas propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también

como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa. El diagrama de Ishikawa ayuda a graficar las causas del problema que se estudia y analizarlas. Tiene la ventaja que permite visualizar de una manera muy rápida y clara, la relación que tiene cada una de las causas con las demás razones que inciden en el origen del problema. En algunas oportunidades son causas independientes y en otras, existe una íntima relación entre ellas, las que pueden estar actuando en cadena. La mejor manera de identificar problemas es a través de la participación de todos los miembros del equipo de trabajo en que se trabajan y que todos los participantes vayan enunciando sus sugerencias. Los conceptos que expresen las personas, se irán colocando en diversos lugares. El resultado obtenido será un diagrama en forma de espina de Ishikawa.

### **Como interpretar un diagrama causa-efecto**

Los autores anteriormente mencionados, definieron que “El diagrama causa-efecto es un vehículo para ordenar, de forma muy concentrada, todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto” (p. 34). Permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos. Es importante ser consciente de que los diagramas de causa-efecto presentan y organizan teorías. Solo cuando esas teorías son contratadas con datos podemos probar las causas de los fenómenos observables.

Errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación casual como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante.

### **Como elaborar un diagrama causa-efecto**

- Definir claramente el efecto o síntoma cuyas causas han de identificarse.
- Encuadrar el efecto a la derecha y dibujar una línea gruesa central apuntándole.

- Usar Brainstorming (tormenta de ideas) o un enfoque racional para identificar las posibles causas.
- Distribuir y unir las causas principales a la recta central mediante, líneas de 70grados.
- Añadir sub-causas a las causas principales a lo largo de las líneas inclinadas.
- Descender de nivel hasta llegar a las causas raíz (fuente original del problema).
- Comprobar la validez lógica de la cadena casual.
- Comprobación de integridad: ramas principales con, ostensiblemente, más o menos causas que las demás o con menor detalle.

#### **2.2.4 Tormenta de ideas**

Para Arráez, A. (2016), “Una de las técnicas de creatividad más usadas y bastante efectiva es el “Brainstorming”, o tormenta de ideas, y sus diferentes variantes. Es una técnica recomendable, ya que en muchos casos puede combinarse con muchas otras” (p. 21).

La tormenta de ideas es una técnica de grupo que permite la abstención de un gran número de ideas sobre un determinado tema de estudio. Esta es la herramienta por medio de la cual se puede potenciar la participación y la creatividad de un grupo de personas, enfocándolas hacia un objetivo común, también resume los pasos y recomendaciones que permiten asegurarse que la distorsión de estos dos factores (creatividad y participación), sea mínima durante la sesión, y que los procesos de innovación, asociación y ampliación de ideas se desarrollan correctamente.

#### **Objetivo y alcance**

El autor destaca que su utilización es beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por grupos y equipos de mejora, así como por todos aquellos individuos u organismos implicados en la mejora de la calidad. Además se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.

#### **Responsabilidades**

- Grupo de trabajo o persona responsable del estudio:
  - Elegir un coordinador para la sesión.
  - Seguir las reglas, tanto conceptuales como prácticas, que se señalan en el procedimiento para su correcta realización e interpretación.
- Coordinador:
  - Preparar la logística necesaria para la tormenta de ideas.
  - Introducir y concluir la sesión.
  - Dirección de calidad
- Asesorar en las bases para la utilización y realización de las tormentas de ideas.

### **Características principales**

Estas características que se mencionan a continuación ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta:

- Participación: Favorecen la intervención múltiple de los participantes, enfocándola hacia un tema específico, de forma estructurada y sistemática.
- Creatividad: las reglas a seguir para su realización favorecen la obtención de ideas innovadoras. Estas son en general, variaciones, reordenaciones o asociaciones de conceptos e ideas ya existentes.

### **Planificación de la sesión**

- Elegir un coordinador: el grupo de trabajo o el responsable del estudio designara a una persona para dirigir y coordinar la sesión de tormenta de ideas.
- Definición del enunciado del tema de la tormenta de ideas: el enunciado del tema a tratar se definirá como anterioridad a la realización de la sesión de trabajo. Esto permite la preparación de la misma por los componentes del grupo. El enunciado debería ser:
  - Específico: Para que no sea interpretado de forma diferente por los componentes del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el verdadero tema a analizar.

- No sesgado: Para no excluir posibles líneas de análisis sobre el tema a estudiar. Es conveniente definirlo por escrito, específicamente lo que incluye y lo que excluye.
- Preparar la logística de la sesión: Preparar, con anterioridad la sesión superficies y material escritura idóneos. Tiene las siguientes ventajas:
  - Permite escribir todas las ideas aportadas de forma que sean claramente visibles a lo largo de la sesión.
  - Ayuda a mantener un ritmo constante durante toda la sesión.
  - Favorece el trabajo de ordenación y clasificación de ideas.

### **Sesión de tormenta de ideas**

- **Introducción a la sesión:**
  - Escribir el enunciado del tema de forma que sea visible a todos los participantes durante la sesión.
  - Comentar las reglas conceptuales de la tormenta de ideas.
  - Comentar las reglas básicas.
- **Preparación de la atmosfera adecuada:** Cuando la actitud o las condiciones del grupo no son las adecuadas se puede realizar una tormenta de ideas de entrenamiento.
- **Comienzo y desarrollo de la tormenta de ideas:** establecer el turno a seguir señalando el participante que debe comenzar. Iniciar el proceso aportando las ideas por turno y observando las reglas anteriormente descritas. Cuando se llega a un punto del desarrollo en que el volumen de ideas aportando decrece apreciablemente, se hará una ordenación o una lectura de las ideas aportadas.
- **Conclusión de la tormenta de ideas:** La tormenta de ideas se dará por finalizada cuando ningún participante tenga ideas que aportar. El resultado de la sesión será una lista que contiene, generalmente, mas ideas nuevas e innovadoras que las listas obtenidas por otros medios.

- **Tratamiento de las ideas:** para su correcta interpretación, la lista de ideas obtenida, se tratará de la siguiente forma:
  - Explicar las ideas que ofrecen dudas a algún participante.
  - Eliminar ideas duplicadas.
  - Agrupar las ideas según criterios de ordenación adecuados, para poder simplificar el desarrollo del trabajo posterior frecuentemente se utilizan para esta ordenación los grupos correspondientes a las “5M” y “5P”.

### **Posibles problemas y deficiencias de interpretación**

Resalta el mencionado autor que:

- La más grave de las posibles falsas interpretaciones de una tormenta de ideas es confundir las ideas resultantes con los datos reales, por lo que la lista de ideas obtenida debe ser punto de partida para posteriores evaluaciones o análisis.
- Deficiencias en el enunciado, que impiden posiblemente la aportación de ideas nuevas y creativas en relación al problema real a analizar.
- Deficiencias y falta de respeto a las reglas durante la realización de la tormenta de ideas.

### **Utilización**

Por sus características principales la tormenta de ideas es una herramienta muy útil para resolver situaciones en las cuales se buscan ideas nuevas y creatividad, donde a su vez se busca fomentar de manera activa la participación de todo el personal.

Los conocimientos, relativos al uso de la herramienta, necesarios para la participación en una tormenta de ideas son relativamente sencillos y pueden ser asimilados en una breve introducción a la sesión por parte del coordinador.

### **Utilización en las fases de un proceso de solución de problemas**

Durante la investigación, el autor destacó que: durante un proceso de solución de problemas hay cuatro puntos en los que la realización de una tormenta de ideas puede ser muy útil:

- Durante la definición de proyectos, para obtener una lista de posibles proyectos de mejora a acordar.
- Durante la fase de diagnóstico del problema, para obtener una lista de teorías sobre las causas de dicho problema.
- Durante la fase de solución, para corregir nuevas ideas sobre posibles soluciones al problema.
- Para identificar posibles fuentes de resistencia a la implementación de las soluciones propuestas.

### **Utilización y revelación de la tormenta de ideas con otras herramientas**

A continuación se muestra una tabla con un resumen de la utilización y la relación de la tormenta de ideas con otras herramientas.

(Ver tabla 3)

**Tabla 3: Utilización de las herramientas**

<b>Utilización de la herramientas</b>	
<b>La herramienta es muy útil para:</b>	<b>La herramienta es útil para:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Formulación de teorías sobre las causas.</li> <li>· Identificación de posibles soluciones.</li> <li>· Tratamiento de la resistencia de cambio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Identificación de problemas</li> </ul>
<b>Relación con otras herramientas</b>	
<b>La herramienta está fuertemente relacionada con:</b>	<b>La herramienta esta débilmente relacionada con:</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>· Diagrama causa-efecto.</li> <li>· Diagrama de relaciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Diagrama de Pareto.</li> <li>· AMFE.</li> <li>· Diagrama de árbol.</li> <li>· Diagrama matricial.</li> </ul>
---	---

Fuente: Arráez, A. (2016)

Autor: González, Ojeda (2018)

### 2.2.5 Los 5 por qué para determinar la causa raíz de un problema

Aguilar, J., (2015) describe esta herramienta como: “Una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar posibles causas principales de un problema” (p. 201).

El procedimiento de los 5 por qué puede ser un método eficaz para determinar el origen de un problema o asunto. El objetivo de preguntar “por qué” cinco veces es el de ir trabajando hacia atrás desde el resultado final, con el fin de llegar a la causa, revelando con cada pregunta, de forma más específica conforme se avanza.

Es una técnica sistemática de preguntas utilizadas durante la fase de análisis de problemas para buscar sus posibles causas principales. La técnica requiere que se pregunte “por qué” al menos 5 veces o se trabaje a través de niveles los cuales son cinco, donde una vez que sea difícil responder por qué la causa más probable será identificada. El objetivo principal de los 5 porque es determinar la causa raíz de un defecto o problema.

Esa técnica se utilizó por primera vez en Toyota durante la evolución de sus metodologías de fabricación, que luego culminarían en el Toyota producción System (TPS). Esta técnica se usa actualmente en muchos ámbitos, y también se utiliza dentro de six sigma de la siguiente forma:

- Se comienza realizando una tormenta de ideas, normalmente utilizando un diagrama causa-efecto.

- Una vez se hayan identificado las causas, se empieza a preguntar “¿Por qué es así?” o “¿Por qué está pasando esto?”
- Se continua preguntando porque al menos cinco veces más. Esto permite buscar a fondo y no conformarse con causas ya “probadas y ciertas”.
- Surgirán ocasiones donde se podrá ir más allá de las cinco veces preguntando porque para poder obtener las causas principales.
- Durante este tipo se debe tener cuidado de no empezar a preguntar ¿Quién?

Esta herramienta permite eliminar gran parte de las barreras que sustentan las decisiones habituales, con la utilización correcta, la táctica de los 5 POR QUE'S puede ayudar a generar soluciones radicales a los problemas, puesto que se cuestionarán hasta sus elementos fundamentales.

### **Análisis de la causa raíz**

El autor mencionado anteriormente señala que “una causa raíz es la causa inicial de una cadena de causas que llevan a un efecto de interés” (p. 201), generalmente la causa raíz se usa para describir el lugar en la cadena de causas donde se podría implementar una intervención para prevenir resultados no deseados. Es importante saber cuándo parar con el análisis.

### **2.2.6 Control de calidad**

Mendoza, M., (2016) define la calidad como: “aquella que tiene como objetivo la plena satisfacción de las necesidades del cliente, mediante productos y servicios elaborados con cero defectos, que logren exceder las expectativas de los mismos (p. 16). Cabe señalar que el concepto de calidad es multidimensional, debido a que las necesidades de los consumidores son múltiples y diversas, pues incluyen aspectos como la aptitud para el uso, el diseño, la seguridad, la fiabilidad o el respeto al medio ambiente, es también flexible, por lo que factores como giro, tamaño y otros no son determinantes para su aplicación. La calidad por lo tanto, es considerada como una estrategia administrativa primordial de los negocios, ya que principalmente fomenta

firme y positivamente el sano crecimiento de la organización, proporciona a su vez una ventaja competitiva, ya que la calidad está orientada a la plena satisfacción del cliente planeando de esta manera costos razonables de calidad.

### **2.2.7 Indicadores de Gestión**

Los indicadores de gestión son medidas utilizadas por las organizaciones para determinar el éxito de un proyecto. Los indicadores de gestión suelen establecerse por los líderes del proyecto o de la organización, y los cuales son posteriormente utilizados continuamente a lo largo de su ciclo de vida, para evaluar el desempeño y los resultados. Los indicadores de gestión suelen estar ligados con resultados cuantificables, como ventas anuales o reducción de costos de manufactura.

Asimismo, los indicadores de gestión tienen la finalidad de guiar y controlar el desempeño objetivo y de comportamiento requerido para el logro de las estrategias organizacionales, para de esta manera medir el desempeño donde se necesita evaluar a través de indicadores, estos indicadores deben ayudar a la gerencia para determinar su efectividad y si ha sido eficiente en el logro de los objetivos y por ende, en el cumplimiento de las metas.

#### **Tipos de indicadores de gestión**

Existen diversas clasificaciones de los indicadores de gestión, según los expertos en contabilidad gerencial, por ejemplo, los indicadores de gestión se clasifican en seis tipos: de ventaja competitiva, de desempeño financiero, de flexibilidad, de utilidad de recursos, de utilidad de servicio y de innovación. Los dos primeros son de “resultados”, y los otros cuatro tienen que ver con los “medios” para lograr esos resultados.

Otros autores los clasifican en tres dimensiones: Económicos (Obtención de recursos), eficiencia (producir los mejores resultados con los recursos disponibles) y efectividad (el nivel de logros de los requerimientos u objetivos). Otro acercamiento al tema de los indicadores de gestión es el Balanced Scorecard, que plantea la

necesidad de hacer seguimiento, además de los tradicionales indicadores financieros, de otros tres tipos: perspectiva del cliente, perspectiva los procesos y perspectiva de mejora continua. Seguidamente, se puede definir a los distintos indicadores de gestión de esta manera:

- Indicadores de cumplimiento: con base en que el cumplimiento tiene que ver con la conclusión de una tarea, se expresa que los indicadores de cumplimiento están relacionados con las razones que indican el grado de consecución de tareas y/o trabajos.
- Indicadores de evaluación: La evaluación tiene que ver con el rendimiento que obtiene de una tarea, trabajo o proceso. Los indicadores de evaluación están relacionados con las razones y/o los métodos que ayudan a identificar nuestras fortalezas, debilidades y oportunidades de mejora.
- Indicadores de eficiencia: teniendo en cuenta que eficiencia tiene que ver con la actitud y la capacidad para llevar a cabo un trabajo, o tarea con el mínimo de recursos. Gómez, S., (2014) expresa al respecto “los indicadores de eficiencia están relacionados con las razones que indican los recursos invertidos en la consecución de tareas y/o trabajos” (p. 82).
- Indicadores de eficacia: La eficacia tiene que ver con hacer efectivo un intento o propósito. Los indicadores de eficacia están relacionados con las razones que indican capacidad o acierto en la consecución de tareas y/o trabajos.
- Indicadores de gestión: Teniendo en cuenta que gestión tiene que ver con administrar y/o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programado y planificados, los indicadores de gestión están relacionados con las razones que permitan administrar realmente un proceso.

### **2.2.8 Análisis de modo y efecto de falla AMEF**

El análisis de modo y efectos de fallas AMEF (siglas en ingles de Failure Mode and Effect Analisis) es una técnica de prevención, se debe utilizar para detectar por anticipado los posibles modos de fallas, con el fin de establecer los controles

adecuados que eviten las ocurrencias de defectos. Para cada una de las áreas sensibles a fallas determinadas en el punto anterior se deben establecer los modos de falla posibles. Modo de falla es la manera en que podría presentarse una falla o defecto, para cumplir con los siguientes objetivos:

- a) Identificar los modos de fallas potenciales, y calificar la severidad de su defecto.
- b) Evaluar objetivamente la ocurrencia de causas y la habilidad de los controles para detectar la causa cuando ocurre.
- c) Clasifica el orden potencial de deficiencias de productos y procesos.
- d) Se enfoca hacia la prevención y eliminación de problemas del producto y proceso.

En este sentido el número importante para el AMEF consiste en calcular el número de prioridad de riesgo (NPR): Es un valor que establece una jerarquía de problemas a través de la multiplicación del grado de ocurrencia, severidad y detención, este provee la prioridad con la que debe de atacarse cada modo de falla identificando ítems críticos.

$$\text{NPR} = \text{Grado de Ocurrencia} * \text{Severidad} * \text{Detección.}$$

### **Prioridad de NPR**

500-1000 Alto riesgo de falla

125-499 Riesgo de falla medio

1-124 Riesgo de falla bajo

0 No existe riesgo de falla

De esta forma se deben atacar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia no importando si el NPR es alto o bajo.

### **2.3 Definición de términos básicos**

- **Lodo residual:** Efluente líquido con distinto contenido contaminante (plásticos como polietileno y anime, arena, materia prima sin desfibrar). El alto contenido de materia orgánica (65-75%) y de algunos químicos hace que

estos efluentes sean contaminantes más no peligrosos, razón por la cual son colectados.

- **DBO & DQO:** Demanda bioquímica y química de oxígeno, respectivamente.
- **Lodo crudo:** Es aquel que no ha sido tratado ni estabilizado, que puede extraerse de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tiende a producir la acidificación de la digestión y produce olor.
- **Lodo activado:** Efluente líquido que posee como principal característica el contenido de microorganismos, los cuales utilizan nutrientes en solución para su crecimiento celular contribuyendo a la limpieza del agua residual.
- **Bacterias:** Son organismos unicelulares, simples y sin color, que utilizan los nutrientes para su propia reproducción, generalmente sin la necesidad de energía solar.
- **Eficacia:** está relacionada con el logro de los objetivos y resultados propuestos.
- **Eficiencia:** consiste en el uso de racional de los medios con los que se cuentan para un objetivo planteado.
- **Estrategia:** programas generales de acción que llevan consigo compromisos de énfasis y recursos para poner en práctica una misión básica.
- **Indicador:** son puntos que se toman como referencia y que brindan información cualitativa y cuantitativa, la cual está conformada por uno o varios datos.
- **Proceso:** se puede definir como una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, un proceso es un conjunto de tareas lógicamente relacionadas con el fin de obtener un resultado dentro de la organización.
- **Calidad:** herramienta básica para una propiedad inherente de cualquier cosa que permita que esta sea comparada con cualquier otra de su misma especie.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En este proceso de investigación, es fundamental establecer la metodología que sirva de guía para lograr las metas indicadas en los objetivos. A continuación se presenta la metodología empleada en el desarrollo de este trabajo.

#### **3.1 Tipo de investigación**

La investigación a desarrollar es de carácter factible, como lo señala Rivero, B (2008):

La investigación factible es el estudio y aplicación de la investigación a problemas concretos, en circunstancias y características concretas. Esta forma de investigación se dirige a su aplicación inmediata y no al desarrollo de teorías. La investigación aplicada, movida por el espíritu de la investigación fundamental, ha enfocado la atención sobre la solución de teorías. Se refiere a resultados inmediatos y se haya interesada en el perfeccionamiento de los individuos implicados en el proceso de la investigación. (p.20).

A partir de lo señalado por la cita referida, se expone el hecho de que en la presente investigación se desarrollara una propuesta viable para solucionar un problema en la organización, con la finalidad de proponer un conjunto de mejoras factibles y aplicables para reutilización del lodo generado en la planta de tratamiento de la empresa Smurfit Kappa, Cartón de Venezuela, ubicada en la zona industrial sur de Valencia, estado Carabobo

#### **3.2 Diseño de la investigación**

Respectivamente, el diseño de la investigación consiste, según Arias, F (2012), en “la estrategia general que adopta el investigador para responder el problema planteado. En atención al diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental” (p. 27). Basado en la referencia anterior, la presente investigación factible está sustentada en un diseño de campo, con apoyo en una investigación documental. En lo que respecta a la investigación de campo, Sabino, C (2002) señala que:

La recolección de datos de interés se recoge en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo. Estos datos, obtenidos directamente de la experiencia empírica, son llamados primarios, denominación que alude al hecho de que son datos de primera mano, originales, producto de la investigación en curso sin intermediación de ninguna naturaleza. (p. 70).

Por ende, este trabajo se describe como una investigación de campo debido que los datos y variables son recolectados directamente del proceso de generación de lodo y no son manipulados o controlados.

De igual modo, la investigación documental se refiere, según el manual UPEL, (2006):

Al estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se refleja en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del autor (p. 12).

Se podrá señalar que el estudio se apoya en una investigación de campo bajo un diseño documental, puesto que para sustentar teóricamente el estudio, se recurre a datos primarios y secundarios, con el propósito de aportar nuevos conocimientos.

### **3.3 Nivel de la investigación**

De acuerdo a Arias, F (2012) “El nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (p.64). De igual manera señala que la investigación descriptiva:

“Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere.” (p.24).

De esta manera, el estudio a desarrollar pretende analizar y describir características significativas para optimizar el proceso y disminuir los gastos generados en la organización. Considerando la relevancia de dar respuestas a las interrogantes planteadas al inicio de la presente investigación, que tiene como objetivo proponer estrategias para el uso de lodo generado en la planta de tratamiento de Smurfit Kappa Cartón de Venezuela para ser aprovechado como materia prima, se procede en esta sección de la investigación a describir los métodos más apropiados para alcanzar las metas propuestas. En tal sentido, el nivel de investigación consiste en la definición de la profundidad del estudio que se propone.

### **3.4 Población y muestra**

#### **3.4.1 Población**

Maneiro N y Mejías A (2010), se refieren a la población como “la totalidad de las observaciones o información, que caracteriza un fenómeno respecto del cual se desea realizar un estudio” (p.19).

En relación con el tamaño de la población, esta puede ser finita o infinita; en la estadística, el interés principal recae en obtener conclusiones acerca de una población cuando es imposible o impráctico analizar el conjunto entero de observaciones que la conforman, surge la necesidad de obtener una muestra de diferentes tipos de residuos como lo son (Lodo batidores, lodo biológico, lodo residual, rechazo de limpiadores), todos forman parte de un rechazo de un proceso y tienen la misma disposición final.

#### **3.5.2 Muestra**

Arias F, (2012) define las muestras como “un sub conjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”

De dicha población se tomó como objeto de estudio o muestra el lodo residual, quien cumple con las características necesarias para incluirlo nuevamente al proceso.

### **3.5 Técnicas de recolección de datos**

Para Hernández, S. (2014), “la recolección de datos implica elaborar un plan detallado de procedimientos que nos conduzcan a reunir datos con un propósito específico”. (p.196)

De acuerdo a lo anterior, en función de los objetivos de la presente investigación, donde se plantea la propuesta de un plan de mejoras bajo la modalidad de proyecto aplicada factible, se emplearan una serie de técnicas de recolección de información, orientadas de manera especial para alcanzar los fines propuestos. De esta manera, dada la naturaleza del proyecto y acorde a los datos que se requieren se utilizan las técnicas de investigación, las mismas permiten abordar y desarrollar los requisitos para el diagnóstico del estudio; entre las técnicas utilizadas se tienen las siguientes:

#### **3.5.1 La Observación Directa:**

La Torre M, (2007), la define como “la técnica de recolección de información por excelencia y se utiliza en todas las ramas de la ciencia. Su uso está regido por alguna teoría y estas determinan los aspectos que se van a observar.” (p.6). Mediante esta técnica se conocerá la forma de trabajar de cada uno de los operadores, así como también el proceso de generación de lodo.

#### **3.5.2 Entrevista no estructurada:**

Una entrevista no estructurada o no formalizada es aquella en que existe un margen más o menos grande de libertad para formular las preguntas y respuestas. No se guían por un cuestionario o modelo rígido.

Las entrevistas serán aplicadas al personal que labora en las áreas de planta de tratamiento de efluentes y preparación de pasta, tales como, técnicos, encargados, ayudantes y supervisores mediante reuniones planificadas de operación para lograr obtener información valiosa que aporte al proyecto de investigación.

### **3.5.3 Análisis estadísticos:**

Una vez que el investigador ha recogido la información correspondiente (sea una encuesta, una observación directa y documentos) no solo debe disponer de una forma de organización para analizar los datos sino para presentarlos. De manera que primero se analizan los resultados y después se organizan para presentarlos de manera que sea atrayente y clara para los que lo hayan de recibir. Habitualmente se publican tablas con valores medios, números de casos y algún indicador de la variabilidad de los datos, para luego mostrar los resultados de las pruebas estadísticas.

Una vez se obtengan los datos de las variables que afectan directamente la utilización del lodo en el proceso se realizara un análisis estadístico para monitorear el comportamiento y poder fijar una media con los valores óptimos para su uso.

### **3.5.4 La Revisión de Documentos:**

Esta técnica está enfocada en determinar las características de los formatos utilizados en la empresa, así como la entrada de datos, salida de información, los fines para los cuales fueron diseñados; uso y frecuencia de emisión de los mismos; la revisión de los documentos puede efectuarse al comienzo de la investigación, y sirve de base para comparar las operaciones actuales. Al utilizar esta técnica se estudia toda aquella documentación recopilada sobre el área de estudio (libros, revistas, páginas web, formatos entre otros) que permitieron suministrar o conservar una información.

## **3.6 Técnicas de análisis de datos**

Para cumplir con cada fase se propone utilizar en la metodología, ciertas técnicas o herramientas que permitan elaborar modelos gráficos del sistema de estudio, establecidos en los datos obtenidos a través de las entrevistas, observaciones y documentación bibliográficas. Entre las técnicas de análisis de datos a aplicar se encuentra; el uso del Diagrama de Ishikawa para identificar las posibles causas del problema planteado y el Diagrama de Pareto, donde podamos identificar los problemas que se producen con mayor frecuencia y poder trabajar en ellos.

Por otra parte, de acuerdo con Sabino, C (2002),

El análisis de los datos no es una tarea que se improvisa, como si recién se comenzará a pensar en él luego de procesar todos los datos. Por el contrario, el análisis surge más del marco teórico trazado que de los datos concretos obtenidos y todo investigador que domine su tema y trabaje con rigurosidad deberá tener una idea precisa de cuáles serán los lineamientos principales del análisis que habrá de efectuar antes de comenzar a recolectar datos. Se podrá definir así, con suficiente antelación, qué datos serán capaces de rechazar o afirmar una hipótesis, qué resultados indicarán una u otra conclusión (p. 150).

### **3.7 Diseño Metodológico**

Hernández, S. (2014), “El diseño metodológico es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento”. (p.128). Este trabajo trata precisamente de conocer, diagnosticar y definir cada uno de los elementos que conforman o constituyen una mejora de proceso en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A. con el objetivo de reutilizar el lodo generado en la planta de tratamiento de efluentes aprovechándolo como materia prima en el proceso de producción, de esta forma, se estableció la siguiente metodología de trabajo:

#### **Fase I: Diagnosticar las variables críticas, ensayos y diagramas de flujo en el proceso de recuperación de lodo como materia prima en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

- Se evaluarán las variables que afectan directamente el proceso de generación de lodo para identificar si cumple las condiciones de consistencia.
- Se estudiarán los ensayos de DBO y DQO para garantizar que cumplen con los parámetros.
- Se realizarán entrevistas no estructuradas al personal que labora en la planta de tratamiento de efluentes, para conocer su opinión, ampliar la información y obtener propuestas de mejora de su parte.
- Se realizará una revisión documental para cuantificar el lodo que se genera en la planta de tratamiento.

Dicha fase se llevara a cabo bajo la implementación de herramientas de ingeniería industrial, observación directa, revisión de informes estadísticos y análisis operacionales de la empresa.

**Fase II: Analizar requerimientos del proceso para incorporar el lodo en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

En esta fase se deben analizar los requerimientos del proceso necesarios para incorporar el lodo en el proceso productivo de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A., con el objetivo de formular múltiples ideas claves útiles para su puesta en marcha; de esta manera su desarrollo será guiado mediante el resultado del diagnóstico procedido de la fase anterior; utilizando para ello el Diagrama de Ishikawa y Pareto como herramientas de análisis de datos operacional.

**Fase III: Diseñar las estrategias para el uso de lodo residual como materia prima en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

Luego de completar la evaluación, análisis, diagnóstico y la identificación de las causas de los problemas existentes en los métodos actuales de operación, se precederá a elaborar la propuesta de mejoras a partir de los resultados obtenidos y con base en la información obtenida investigación documental realizada respecto a las herramientas de ingeniería industrial más apropiada para solucionar problemas. La propuesta estará dirigida a la inclusión como materia prima del lodo generado en la planta de tratamiento de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A, para aprovechar de manera eficiente este desecho y garantizar.

**Fase IV: Analizar la relación costo - beneficio de la propuesta diseñada en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

En esta fase se debe tomar en consideración todos los costos operacionales, materiales y técnicos presentes en la propuesta elaborada, con la finalidad de compararlos con los beneficios tangibles e intangibles que esta genere; para luego representar gráficamente el tiempo de retorno de la inversión realizada, concluyendo así, si el proyecto es factible o no de llevarlo a cabo.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

En este capítulo se desarrollará cada una de las fases establecidas. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la investigación realizada, para dar cumplimiento al objetivo general y objetivos específicos. Esto conlleva a hallar una solución para la recuperación del lodo generado en planta de tratamiento de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A., utilizando herramientas de ingeniería industrial.

**Fase I: Diagnosticar las variables críticas, ensayos y diagramas de flujo en el proceso de recuperación de lodo en la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

#### **4.1.1 Proceso de recuperación del lodo**

En la actualidad, Smurfit Kappa, Cartón de Venezuela, genera un promedio de 0,26 toneladas de lodo residual por tonelada de cartón producido, valores obtenidos en registro documental desde el 2014 al 2018. El mismo es almacenado y dispuesto en vertederos municipales.

El proceso para la generación de lodo residual es el siguiente; al iniciar la fabricación del cartón en los departamentos de producción, todo el exceso de agua proveniente de limpiezas de equipos, derrames de tanques y estabilización de la máquina, son dirigidos a la planta de tratamiento a través un canal de cemento con

una capacidad de 1500 galones por minuto de agua residual o agua de proceso. En la figura N<sup>o</sup> 2 se puede observar el canal en condiciones de operación, el agua es turbia ya que viene cargada con pulpa y diferentes contaminantes.



**Figura 2. Canal de entrada a planta de tratamiento**

Fuente: González, Ojeda (2018)

Antes de ingresar a la planta de tratamiento, el agua atraviesa el primer sistema de desbaste, un equipo que cuenta con un vástago giratorio y un cabezal en forma de rastrillo, su función es retirar sólidos suspendidos con un tamaño mayor a 5 cm. En la Figura N<sup>o</sup> 3 se puede observar el equipo.



### **Figura 3. Rastrillo, equipo de desbaste.**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

Toda el agua aceptada es enviada al clarificador primario donde se decanta el sólido y se clarifica el agua. El sólido acumulado en el fondo del clarificador primario es lo que se llama lodo residual. Ver figura N° 4.



### **Figura 4. Clarificador primario**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

Una vez se cumple el tiempo de retención del sólido en el clarificador y el mismo cumple con los valores mínimos de consistencia entre 3% y 6%, es enviado a través de una bomba con una capacidad de 500 galones por minuto conectada a un recorrido de aproximadamente 100 metros de tubería de 6 pulgadas a un tanque de lodo, con una capacidad de almacenamiento de 280 metros cúbicos (m<sup>3</sup>). En él se mezcla el lodo para mantenerlo de forma homogénea y evitar que se sedimente, En la figura N° 5 se podrá observar el eje giratorio o mezclador y las dimensiones aproximadas del tanque desde una vista interna y externa.



**Figura 5. Tanque de Lodo**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

Cuando la mezcla se encuentra homogénea, es enviada mediante tuberías y dos bombas de 100 HP que trabajan de forma alterna, a la prensa lodo que se muestra a continuación. Ver figura N° 6.



## Figura 6. Prensa Lodo.

Fuente: González, Ojeda (2018)

La función de la prensa de lodo es disminuir humedad, este equipo cuenta con dos fieltros uno superior y otro inferior, estos son movilizadados por rodillos que tensan ambos fieltros para liberar humedad a través de presión. Una vez perdida la mayor cantidad de humedad, el lodo es trasladado a través de una cinta transportadora al área donde se almacena previo a su disposición.

El diagrama de flujo actual del proceso de recuperación del lodo es el siguiente: Ver figura N° 7.

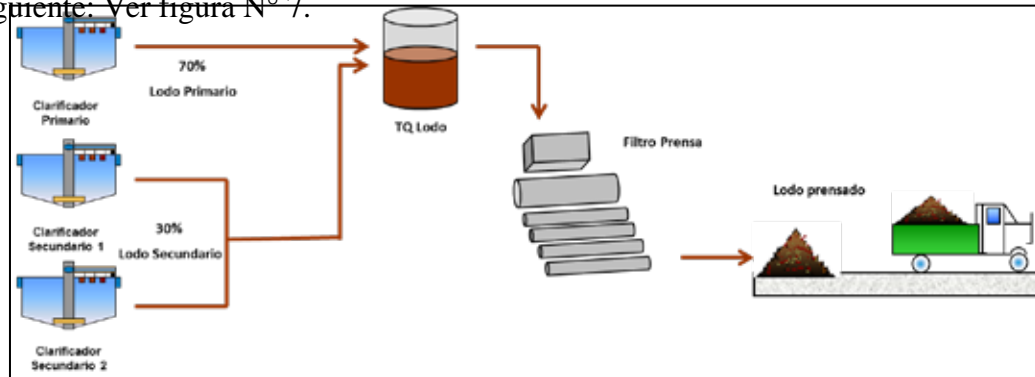


Figura 7. Flujograma proceso de lodo.

Fuente: González, Ojeda (2018)

### 4.1.2 Composición físico-química del lodo

Dentro de las variables críticas que debe cumplir el lodo para que pueda ser utilizado son: consistencia, demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno, la primera para que no afecte el prensado y las otras dos por cumplimientos ambientales regulatorios.

La composición físico-química de este lodo consiste en: partículas de residuos orgánicos, residuos químicos (almidón, nitrato, aceites, entre otros), pulpa o finos, y

un porcentaje de humedad del lodo. A continuación, en la figura N° 8, se puede evidenciar consistencia y aspecto del lodo.

De acuerdo a estudios realizados mediante laboratorios reconocidos, este lodo no es peligroso para el ser humano, dentro de sus bondades se puede resaltar que contiene alto porcentajes de nutrientes (P = Fosforo y N = Nitrógeno).



**Figura 8. Lodo residual.**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

#### **4.1.3 Manejo y disposición actual del lodo dentro de la planta de tratamiento de efluentes.**

El lodo generado es almacenado en un área de aproximadamente 50 metros cuadrados (m<sup>2</sup>), como se muestra en la figura N° XX. Tiene forma de dique con paredes de contención para evitar que el mismo se esparza y contamine las áreas de operación.

Debido a su carga bacteriológica, si el lodo prensado supera un periodo de siete (7) días de almacenado, genera un olor fuerte a la percepción humana. En caso de que el lodo supere este número de días, se deben planificar acarrees internos a un área que se encuentra designada para estos casos de contingencia, se encuentra a una distancia aproximada de 300 metros del área de trabajo más cercana. Estos casos ocurren en su mayoría cuando hay problemas de entrada a los vertederos o transportes de carga.

La disposición es planificada por el ingeniero del área quien, de acuerdo al volumen almacenado, contacta al proveedor que ejecutara el servicio de traslado al vertedero, el mismo debe contar con los permisos otorgados por el Ministerio del Poder Popular Ecosocialismo y Agua (MPPEA), los cuales les facultan para trasladar los desechos no peligrosos y además, estos proveedores deben estar registrados en el vertedero municipal para ingresar este tipo de desechos. A continuación, en la figura N° 9 se muestra el área de almacenamiento del lodo dentro de la organización.



## **Figura 9. Almacén de Lodo prensado.**

Fuente: González, Ojeda (2018)

### **4.1.4 Impacto organizacional que genera el almacenamiento del lodo residual dentro de la planta.**

Generar, almacenar y disponer este volumen de desechos impacta directamente a la gestión ambiental de la organización, ya que dentro de los objetivos del grupo Smurfit Kappa se encuentra, impulsar y promover el desarrollo sustentable, producir cartón de manera eficiente sin impactar el medio ambiente. Esta organización se encuentra certificada ISO 14001 desde el año 2013, por lo que este lodo afecta al indicador de generación de desechos no peligrosos. En él también se encuentra desechos como (Basura común, plástico, ferroso, vidrio, entre otros), pero el volumen de lodo representa el 70 % del total generado.

También los recursos invertidos dentro del proceso del lodo como mantenimientos preventivos y correctivos de equipos (Showel, prensa, rodillos, banda transportadoras, bombas) y la compra de repuestos e insumos necesarios para el funcionamiento de los mismos representan un gran impacto económico para la organización. Al igual que las horas hombres invertidas tanto por el personal que opera el proceso como el personal relacionado indirectamente como: Supervisores, mecánicos, electricistas e ingenieros de proceso.

Adicionalmente se encuentran los gastos asociados a acarreo y traslado de lodo los cuales se incrementan paulatinamente debido a la inflación, por lo que impacta en el presupuesto anual de gastos presentado al inicio de cada año.

### **4.1.5 Debilidades obtenidas a través de la observación realizada.**

Al observar y detallar el proceso se evidenciaron debilidades que afectan la operación en la planta de tratamiento y que están relacionados directamente al manejo del lodo; estas debilidades son:

- Mantenimiento constante de la bomba que impulsa el lodo al tanque de almacenamiento y bombas que expulsan el lodo al filtro prensa (cambio de empacaduras, desgaste de bocina, turbina trancada, entre otros).
- Deterioro de las mallas de la prensa por la cantidad de lodo que se prensa diariamente.
- Deterioro de los rodillos de la prensa por la cantidad de horas de funcionamiento de la prensa.
- Uso excesivo de polímero para que el lodo pueda ser prensado. Esta dosificación es necesaria para el proceso.

#### **4.1.6 Aporte de los involucrados en la problemática señalada.**

Con la observación realizada se identificaron algunas debilidades que fueron expuestas al equipo de trabajo que tiene a su cargo el procesamiento y disposición del lodo, el equipo está conformado por ingenieros entrenantes, ingenieros de proceso, supervisores, y técnicos. Luego se hizo una reunión para determinar otros puntos de vista que van a permitir identificar otras debilidades. Los siguientes puntos provienen de una reunión que se realizó con el personal involucrado en el proceso, donde se incluyeron a operadores, asistentes y ayudantes de las áreas:

- Taponamiento de las tuberías de 6" donde se traslada el flujo de lodo desde el clarificador al tanque de almacenamiento por alto nivel de consistencia.
- Rutinas de limpieza en exceso, ya que al manipular el lodo, tanto en el dique de almacenamiento como en la prensa, genera suciedad debido a derrames, chispas, goteo, excesos en las bandas o mala manipulación. Si no se limpia de forma constante el lodo se seca y se generan manchas que son difíciles de quitar.
- Olores que emana constantemente que tienden a ser desagradables.
- El lodo almacenado atrae animales como roedores, cucarachas, chiripas entre otros.

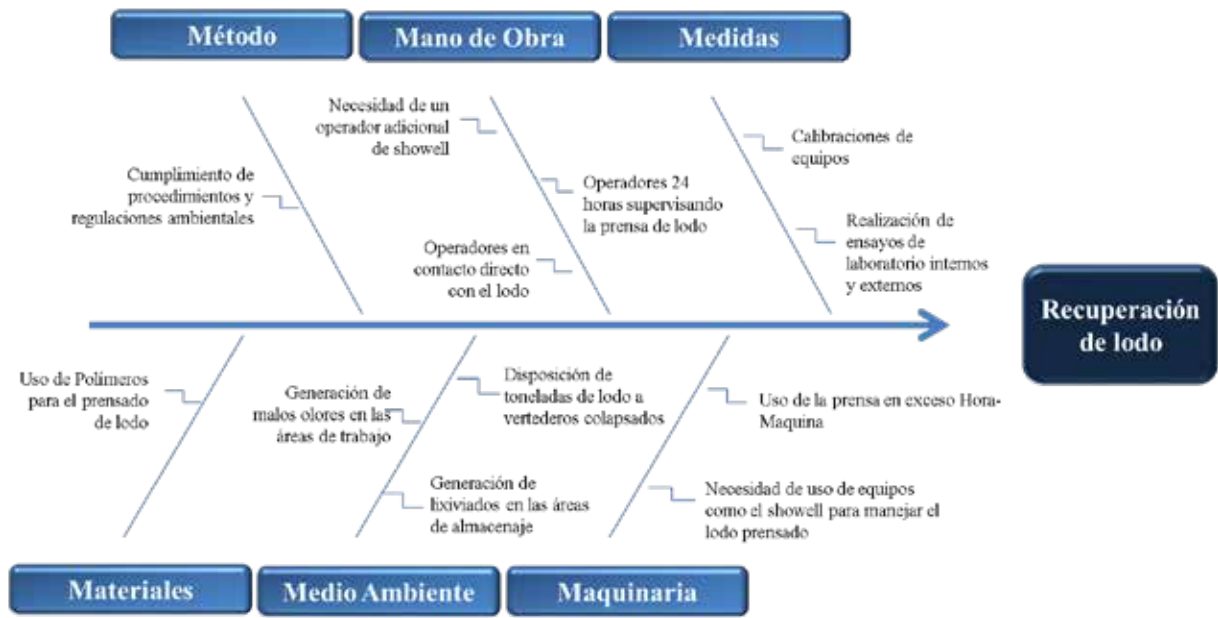
Se puede evidenciar que el personal considera que manejar el lodo como actualmente se hace genera inconformidad con el área de trabajo y las actividades a realizar por la cantidad de veces que se debe realizar un procedimiento para que se logre trasladar de forma correcta el lodo a la prensa y a su vez al dique de almacenado.

**Fase II: Analizar requerimientos del proceso para incorporar el lodo en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

Para el análisis de los requerimientos fue necesario revisar el proceso y definir las variables que intervienen directa o indirectamente en él, así como las condiciones en la que actualmente se encuentra el sistema.

**4.2.1 Análisis de los problemas encontrados en el almacén de lodo.**

Después de plantear la situación actual y analizar los requisitos necesarios para iniciar la recuperación de lodo en la planta de tratamiento de la empresa Smurfit Kappa, se procedió a realizar un diagrama causa-efecto donde se puede observar las desviaciones detectadas en la metodología aplicada, la mano de obra que interviene directamente en el proceso, medidas, materiales involucrados, como se ve afectado el medio ambiente y la maquinaria utilizada. Esta información se obtuvo a través de la observación directa del proceso y la aplicación de una tormenta de ideas. (Véase figura N° 10)



**Figura N<sup>a</sup> 10. Diagrama de Ishikawa**

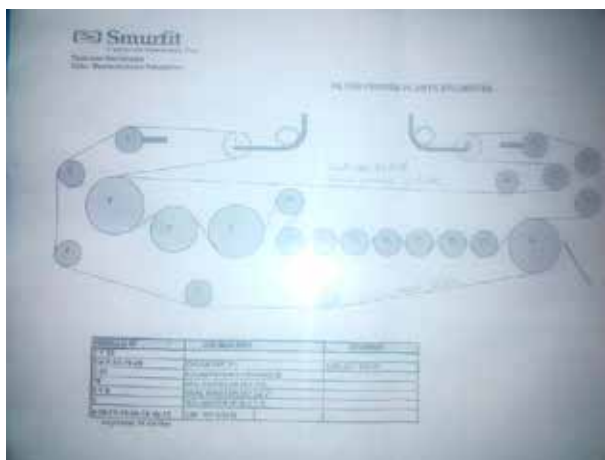
Fuente: González, Ojeda (2018)

**Análisis de las fallas encontradas basados en el diagrama Causa-Efecto, Ishikawa.**

### ü Maquinaria

- **Uso de la prensa en exceso. (H-Maquina):** Debido a la necesidad de descargar el lodo que se sedimenta en los clarificadores primarios y secundarios, la prensa trabaja en promedio 20 horas diarias, solo se detiene el funcionamiento de este equipo cuando se realiza el cambio de turno del operador, ya que el proceso de la planta de tratamiento es continuo. Esto incrementa el desgaste de los repuestos críticos de la mismas como (rodillos, mallas, rodamientos, chumaceras, cadenas, ejes, entre otros)

Véase figura N<sup>o</sup> XX, numero de rodillos de la prensa.



**Figura 11. Rodillos de la prensa de lodo.**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

- **Uso del Showell:** Una vez el lodo es prensado, la única manera de manejarlo es a través un showell, vehículo pesado que solo se pone en funcionamiento para esta actividad y para la manipulación del roto de materia prima. Por ser un equipo especial, su reparación y repuestos son de difícil acceso.

#### Ü Medio Ambiente

- **Disposición en vertederos municipales:** En lo que respecta al medio ambiente, el volumen de lodo prensado que se genera en la planta de tratamiento afecta considerablemente a los vertederos municipales ya que la capacidad de almacenamiento de estos ha disminuido con el pasar de los años, una de las razones principales es el crecimiento de la población y el poco espacio disponible para el manejo. La única alternativa que hasta los momentos la empresa maneja para disponer el lodo es enviarlo a estos recintos.
- **Generación de lixiviados:** Impacta directamente a la contaminación del suelo, el lodo una vez prensado tiene un tiempo de retención dentro del dique de almacén no menor a 7 días, esto se debe a que se

debe acumular ciertas toneladas para proceder a iniciar el proceso de acarreo desde la empresa hasta el vertedero. Durante este tiempo la humedad del lodo se va drenando y se dispersa por las áreas del almacén llegando a las áreas verdes de la zona.

- **Generación de malos olores:** Este lodo está cargado con bacterias provenientes del proceso del reactor biológico, las mismas una vez descompuestas general malos olores.

#### Ü **Materiales**

- **Uso de Polímeros:** Producto químico que se dosifica a la mezcla de lodo para que acelerar el proceso de coagulación y floculación y se pueda compactar al pasar por la malla de la prensa. Es un producto importado ya que sus bases no se producen a nivel nacional.

#### Ü **Medidas**

- **Calibración de equipos:** Los equipos de laboratorios con los que se miden y evalúan las condiciones del agua y lodo tienen que estar certificados y calibrados por laboratorios acreditados por Sencamer, que es el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. De acuerdo a lo establecido en el manual de la calidad de Smurfit Kappa, el periodo de la calibración de los equipos es de un (1) año, es decir, antes de finalizar la fecha de caducidad de la calibración se debe gestionar un nuevo proceso de calibración. Si un equipo supera este límite, su medición es considerada no confiable.
- **Realización de ensayos de laboratorio:** Para cumplir con las regulaciones ambientales, antes de disponer el lodo prensado, se debe realizar una caracterización, esto con el fin de garantizar que el desecho que estamos disponiendo no es peligroso y ponga en cualquier tipo de riesgo a la persona u organización que está recibiendo el

desecho. Es importante recordar que cada empresa es responsable de los desechos que genera, sea peligroso o no peligroso.

#### Ü **Mano de Obra**

- **Operador:** Debido a que el proceso de prensado se realiza las 24 horas los responsables del área tienen que mantenerse en monitoreo constante para garantizar la operatividad del equipo. Cualquier desviación puede ocasionar daños severos como: rotura de la malla, rodillo fuera de eje, falta de presión en la malla, entre otras.
- **Operador en contacto directo con el lodo:** El operador se encuentra en contacto directo con el lodo prensado, y por su condición bacteriológica puede tener efectos secundarios como (hongos, infecciones, entre otras).

#### Ü **Método**

- **Cumplimiento de procedimientos y regulaciones:** La organización se encuentra certificada ISO 9001 y 14001, es decir, aparte del cumplimiento legal mínimo que la empresa debe cumplir para operar, debe cumplir procedimientos, manuales, métodos de ensayo e instrucciones de trabajo para garantizar el cumplimiento ambiental y de calidad de este proceso.

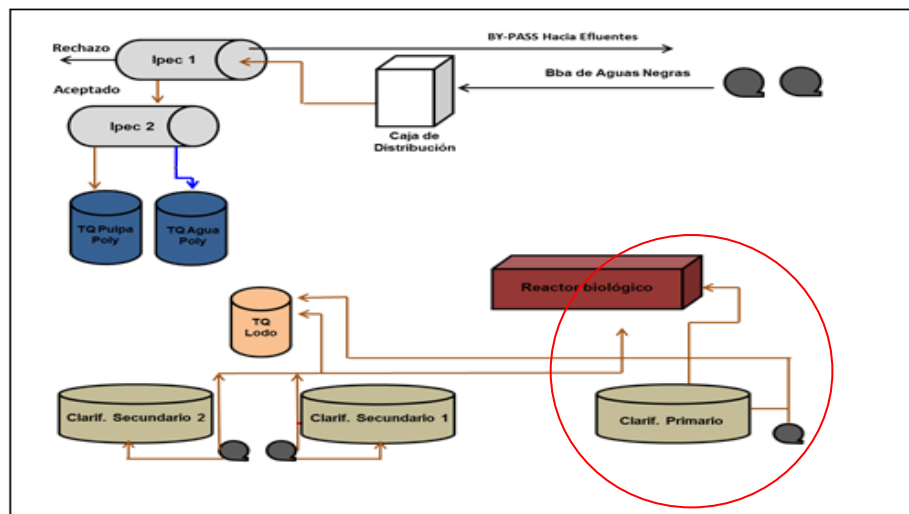
#### **4.2.2 Clasificación de los requerimientos necesarios para la incorporación del lodo.**

- **Modificación y redirección de tuberías en planta de tratamiento.**

En la actualidad, las tuberías se encuentran alineadas, ubicadas y direccionadas para seguir el flujo establecido desde que inició el proceso de tratamiento de agua en Smurfit Kappa, para el agua de proceso, agua tratada y el lodo. Para realizar la incorporación del lodo residual en el proceso, se debe modificar el cauce de descarga del clarificador primario, es decir, conectar un tubo de 6 pulgadas en la bomba de

descarga y conectarlo a una tubería que tiene dirección a un tanque del área de preparación de pasta.

En la figura N° 12 se muestra como están direccionadas actualmente las tuberías y en la figura N° 13 como quedarían direccionada las tuberías.



**Figura 12. Dirección de tuberías de PTE y Preparación de pasta Actual.**

Fuente: González, Ojeda (2018)

Se puede evidenciar que del clarificador primario salen dos tuberías, una está dirigida al tanque de lodo, en el cual se almacena y luego pasa por el proceso de prensado, su capacidad esta apta para manejar el volumen de lodo que se maneja actualmente. La otra tubería está dirigida al reactor biológico, esta corresponde al agua aceptada ya clarificada que pasa a la segunda fase del tratamiento de agua residual. La diferencia entre ambas radica en el proceso del clarificador primario. El



con parámetros sanitarios para poder ser comercializadas, cualquier modificación en el proceso que pueda alterar esta conformidad debe ser verificada antes de ser aprobado.

En la tabla N° 4 se muestra valores obtenidos en la última caracterización

<i>Parametros</i>	<i>Fecha Captacion</i>	<i>Exigencias Regulatoria</i> <i>Valor Maximo Aceptable</i>	<i>Valor Obtenido</i>	<i>Resultado</i>
<i>PH</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>8,5</i>	<i>7,1</i>	<i>Conforme</i>
<i>SST</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>80 (ppm)</i>	<i>62</i>	<i>Conforme</i>
<i>SSV</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>-</i>	<i>48</i>	<i>Conforme</i>
<i>DBO</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>60 (mg/l)</i>	<i>33</i>	<i>Conforme</i>
<i>Nitrógeno(N)</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>10 (mg/l)</i>	<i>4,3</i>	<i>Conforme</i>
<i>Fosforo (P)</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>1 (mg/l)</i>	<i>0,3</i>	<i>Conforme</i>
<i>O</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>1-2 (mg/l)</i>	<i>1,9</i>	<i>Conforme</i>
<i>DQO</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>350 (mg/l)</i>	<i>193</i>	<i>Conforme</i>
<i>Coliformes Totales</i>	<i>27/7/2018</i>	<i>&lt;10.000 NMP/ 100ml</i>	<i>1050</i>	<i>Conforme</i>

realizada.

#### **Tabla 4. Caracterización de Lodo**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

El laboratorio indico los siguientes resultados:

**Del Muestreo;** se captó una (1) muestra puntual para caracterización bacteriológica de lodo residual.

La muestra fue captada en un envase de vidrio de 500ml previamente esterilizado y preservado en refrigeración hasta su análisis, según lo establecido en la Norma COVENIN 2709:2002, Guía para Técnicas de Muestreo para aguas y muestras Naturales, Industriales y Residuales y analizadas según lo establecido en las

metodologías del Standard Methods For The Examination Of Water & Wastewater. APHA. USA 2015.

**De los resultados;** los resultados de los análisis obtenidos en la muestra revelan una calidad bacteriológica ajustada a las exigencias de la Norma COVENIN. Es decir, de acuerdo a los valores obtenidos, el lodo cumple los parámetros exigidos por la ley, no se encontraron valores fuera de parámetro.

- **Monitoreo del sistema de bombeo para trasladar el lodo de PTE al proceso.**

El sistema de bombeo debe contar con suficiente potencia para trasladar un flujo que tendrá una densidad que varía entre 3 y 6 % hasta un tanque ubicado en el área de preparación de pasta. La capacidad del motor no debe ser menor a 30 HP y la bomba debe manejar un caudal de por lo menos 500 gpm. Las rutinas de mantenimiento preventivo deben incrementar para evitar que el sistema de bombeo falle y se detenga el proceso de recuperación de lodo, donde se incluyen cambios de empacaduras, rodamientos y correas de acuerdo al desgaste. De igual manera se debe contar con repuestos de back up para garantizar la eficiencia de los mantenimientos preventivos y correctivos.

La empresa cuenta con 4 almacenes distribuidos de la siguiente manera:

- Repuestos
- Motores y bombas
- Tuberías y materiales de gran volumen
- Repuestos importados y de baja rotación.

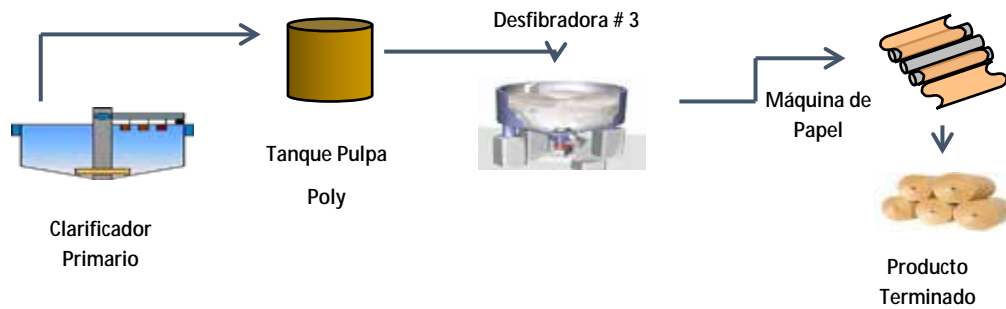
Tiene espacio disponible para mantener backup de repuestos necesarios para los equipo antes mencionado, se debe monitorear proceso de reposición para garantizar disponibilidad.

- **Capacitación al personal para incorporar una nueva actividad a su rutina diaria.**

El proceso de recuperación de lodo es una actividad que se incorporara en las actividades del personal involucrado, operadores de planta de tratamiento, operadores de preparación de pasta, mecánico, electricistas, supervisores e ingenieros de proceso. Todos deben de contar con el conocimiento necesario para la efectividad de la actividad. Los operadores de las áreas críticas del proceso deben validar el funcionamiento correcto de las bombas para iniciar el sistema de bombeo, monitorear los paneles de control para verificar los niveles y capacidad del tanque que recibe y el tanque que está descargando, deben analizar una vez por turno la consistencia del lodo para validar si es apto para la incorporación del proceso, drenar las tuberías para que no queden restos de lodo en ellas y evitar taponamientos. En cuanto a los mecánicos y electricistas, su rol principal radica en el funcionamiento correcto de las bombas involucradas. Supervisor e ingenieros, conocer el proceso de recuperación de lodo y garantizar que cada una de las actividades se cumpla para evitar desviaciones en el proceso de producción. Así como se plantea incorporar una nueva actividad en sus rutinas, también se excluirá el proceso anterior por lo que la carga laboral no incrementa, al contrario, disminuye porque el nivel de desgaste disminuirá.

- **Modificación del flujograma de proceso.**

El objetivo principal del flujograma es identificar los flujos y secuencias de un proceso. Es una herramienta que se utiliza para explicar el proceso completo de un área a visitantes, entes reguladores, nuevos ingresos y personal de otras áreas. Esta información debe estar disponible y el personal debe tener fácil acceso a él. El flujograma asociado al nuevo sistema se observa en la figura N° XX.



**Figura 14. Nuevo flujograma.**

Fuente: González, Ojeda (2018)

#### 4.2.3 Disponibilidad de la empresa en base a los requerimientos analizados en el punto anterior.

##### Ü Materiales

- **Tubería y Válvulas:** Los materiales manejados en el almacén de repuestos de Smurfit Kappa son solicitados y comprados de acuerdo a su rotación. De requerir materiales para trabajos específicos se debe solicitar aprobación del gerente del área a donde imputara el gasto de la compra. En la actualidad no se cuenta con válvulas de 6" pulgadas, la misma es necesarias para re direccionar el flujo del lodo cuando sea necesario. En cuanto a la tubería, de los 30 metros necesarios para realizar la conexión, 12 metros se encuentran ubicados en el almacén de recuperación de desechos ferrosos. Tubería que se desincorporo de un área y puede ser reutilizada porque cumple con las características requeridas.

##### Ü Medidas

- **Calibración de equipos:** Los equipos de laboratorios con los que se miden y evalúan las condiciones del agua y lodo tienen que estar certificados y calibrados por laboratorios acreditados por Sencamer, que es el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad,

Metrología y Reglamentos Técnicos. De acuerdo a lo establecido en el manual de la calidad de Smurfit Kappa, el periodo de la calibración de los equipos es de un (1) año, es decir, antes de finalizar la fecha de caducidad de la calibración se debe gestionar un nuevo proceso de calibración. Si un equipo supera este límite, su medición es considerada no confiable.

- **Realización de ensayos de laboratorio:** Para cumplir con las regulaciones ambientales, antes de disponer el lodo prensado, se debe realizar una caracterización, esto con el fin de garantizar que el desecho que se tiene no es peligroso y ponga en cualquier tipo de riesgo a la persona u organización que está recibiendo el desecho. Es importante recordar que cada empresa es responsable de los desechos que genera, sea peligroso o no peligroso.

#### Ü Caracterizaciones

- **Internas:** La organización cuenta con laboratorios internos para analizar muestras, estos ensayos se realizan para tener un indicador del comportamiento. No son válidos para demostrar cumplimientos legales en el ministerio.
- **Externas:** Son obligatorias, se realizan para cumplir legalmente con lo exigido por el ministerio. La planta sigue un cronograma de muestras por puntos. Se debe solicitar la inclusión de este nuevo punto en el cronograma para que pueda ser monitoreada y enviada al ente gubernamental en el periodo correspondiente.

#### Ü Sistema de bombeo

- **Bombas:** La organización cuenta con un sistema de bombeo conectado a los flujos de entrada y salida de cada estación de planta de tratamiento. En el inicio de proceso de planta de tratamiento se encuentran dos bombas Marca Chicago sumergibles que trabajan de

forma alterna, su función es bombear el agua que entra a la planta de tratamiento al clarificador primario para iniciar el proceso de tratamiento, en este punto tenemos un flujo aceptado que por gravedad se desplaza a través de tuberías de 6" pulgadas al reactor biológico, el rechazo, que en este caso es el lodo residual es bombeado a través de una bomba de marca Gorman Rupp, que cuenta con un motor con las siguientes características:

- **Potencia:** 30HP
- **Velocidad:** 1500 RPM
- **Frecuencia:** 50 HZ
- **Numero de Polos:** 4
- **Trifásico**

Los mantenimientos menores son realizados por el personal de la empresa calificado para realizar estas actividades (mecánicos y electricistas), de requerir un mantenimiento mayor, se realiza a través de un proveedor externo.

#### Ü **Mano de Obra:**

- **Operador 24 horas:** Debido a que el proceso de prensado se realiza en casi las 24 horas del día, es fundamental que un operador se encuentre supervisando el funcionamiento del equipo, la dosificación correcta de polímero y atento a cualquier desviación en el proceso de prensado. De no existir este proceso, la necesidad de un operador 24 horas disminuye porque el resto del proceso se manejan mediante paneles de control y procesos automatizados.
- **Operador adicional Showell:** Para que el showell pueda ser operado, la persona debe estar certificada y acreditada para el uso de este equipo. Por lo general la empresa realiza entrenamientos periódicos a un grupo de personas que cumpla los requisitos mínimos y este apta

para la actividad (licencia, certificado médico, condiciones de salud y disposición).

#### Ü **Métodos:**

- **Cumplimiento de procedimientos y regulaciones:** La organización se encuentra certificada ISO 9001 y 14001, es decir, aparte del cumplimiento legal mínimo que la empresa debe cumplir para operar, debe cumplir procedimientos, manuales, métodos de ensayo e instrucciones de trabajo para garantizar el cumplimiento ambiental y de calidad de este proceso.
- **Mantenimiento:** La empresa cuenta con un departamento de mantenimiento con personal calificado para realizar actividades preventivas y correctivas en los equipos. Se clasifica en mantenimiento mecánico, eléctrico e instrumentación. Adicionalmente cuenta con diferentes almacenes internos de repuestos, materiales e insumos.

#### Ü **Materiales**

- **Uso de Polímeros:** Producto químico que se dosifica a la mezcla de lodo para que acelerar el proceso de coagulación y floculación y se pueda compactar al pasar por la malla de la prensa. Es un producto importado ya que sus bases no se producen a nivel nacional. Actualmente la empresa consume aproximadamente 1000 kg de polímero mensual para cumplir con el funcionamiento óptimo de la prensa. Son suministrados por proveedores externos.

#### **4.2.4 Oportunidades de mejoras para la incorporación del lodo en el proceso.**

Luego de analizar la procedencia del lodo y evaluar el proceso de disposición que actualmente maneja la empresa, se realizó una tormenta de idea con el equipo de

trabajo (ingenieros, supervisores y operadores) para encontrar oportunidades de mejora y crear planes de acción con los que se podrá iniciar los cambios necesarios para mejorar el sistema y ser más eficiente a nivel económico, operativo y ambiental. Se presenta a continuación un resumen de las oportunidades de mejora encontradas:

- Ü Analizar lodo residual para verificar consistencia.
- Ü Solicitar la compra de materiales e insumos para modificar la tubería de lodo.
- Ü Solicitar la contratación del servicio de instalación de tubería.
- Ü Hacer seguimiento y supervisar órdenes de compra de materiales y servicio.
- Ü Entrenamiento al personal.
- Ü Sincronización con el departamento de planta de tratamiento y preparación de pulpa.

**Fase III: Diseñar las estrategias para el uso de lodo residual como materia prima en el proceso productivo en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A:**

Luego de identificar las variables críticas del proceso y analizar los requerimientos necesarios para la incorporación del lodo residual generado en planta de tratamiento en el proceso de preparación de pasta de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela, se procede a plantear estrategias para el uso de lodo residual como materia prima en el proceso productivo utilizando herramientas de ingeniería industrial.

**4.3.1 Estrategia 1: Modificación y adecuación del proceso para la incorporación del lodo en el proceso productivo.**

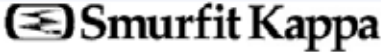
· **Paso1: Analizar la muestra de lodo con un laboratorio externo.**

Como ya se ha mencionado, antes de proponer cualquier proyecto que intervenga directamente en el proceso de fabricación de papel y cartón se debe garantizar que el mismo cumpla con los valores mínimos sanitarios y comportamiento químico para que pueda ser aceptado. Para ello se debe solicitar un servicio de análisis Físico-Químico a través de un requerimiento en el sistema SAP. El solicitante debe indicar el alcance del servicio y fecha estimada de ejecución. La organización trabaja solo con laboratorios certificados, en este caso los laboratorios que cumplen con las credenciales y documentación legal solicitado son:

- HIDROLAB TORO, C.A. Empresa ubicada en la ciudad de Valencia y se especializa en realizar análisis de agua y emisiones atmosféricas.
- CENPROACA, CA. Empresa ubicada en la ciudad de Maracay y se especializa en realizar análisis de agua y emisiones atmosféricas.

Ambas empresas son contactadas para participar en la licitación del servicio y a través de un análisis que realiza el departamento de compras donde intervienen las variables (costo, calidad de servicio y tiempos de entrega) se selecciona al proveedor y se realiza una orden de compra que es aprobada por el gerente de cada área solo si está de acuerdo con la elaboración del servicio y el gasto asociado. El paso final es la entrega de la Orden de compra al proveedor para la ejecución del servicio y entrega de resultados. Ver Imagen N° 1. Modelo de petición de oferta a un proveedor generado a través del sistema interno SAP.

Domicilio Fiscal  
Smurfit Kappa Carón de Venezuela, S.A.  
Calle El Hatillo, Local Carón de Venezuela Sector Petare  
Zona Postal 1070  
Tels: (0241) 8130770 / 8130000, Fax: (0241) 8130950 / 8130940  
RF: J.00005606.8



**CARTÓN DE VENEZUELA S.A.**  
CALLE EL HATILLO LOCAL PLANTA PETAR

Tel: 0212-2191184

Su número de proveedor en nuestra empresa  
9

Plazo para presentación de la oferta 13.03.2018

**Petición de oferta**

Núm. pet-oferta/Fecha  
6000489730 / 08.03.2018  
Predict, Mont.Cal.

Si viese suministrar a:  
MOLINO SAN FELIPE  
Carretera Panamericana Morón-San Fe  
Carbonero, San Felipe  
Tel: , Fax:

Pos.	Material Ctd. petición oferta	Unidad	Denominación	Plazo oferta	Fe entrega
00010	1	Un.poten.	Electrical Preventive/Predictive Mainten		

**Imagen 1. Modelo de petición de oferta.**

**Fuente: González, Ojeda (2018)**

Estos ensayos, de acuerdo a lo requerido por los entes gubernamentales deben realizarse por lo menos una vez al año.

· **Redirección de tubería de lodo e instalación de válvula.**

Para enviar el lodo prensado de planta de tratamiento a preparación de pasta, es necesario conectar 30 metros de tuberías. Como se mencionó en la fase anterior, 12 metros se encuentran disponibles en el almacén de desechos ferrosos. Para obtener los 18 metros restantes es necesario realizar una solicitud de pedido para la compra del material, adicionalmente se deben comparar los insumos como electrodos, disco de corte y lijas. Una vez estén disponibles todos los materiales se procede a contratar a un proveedor del rubro metalmecánico para que realice las conexiones de tramos de tubería. Una vez instalada, es necesario identificarlas con el color que indica el procedimiento P-03-AL-FL-08 (indicador de colores de tuberías por flujo) para cumplir el procedimiento interno de colorimetría.

Se señalan ejemplos: Ver Figura N° 15.



Lodo



Agua de lluvia



Aguas Negras



Aguas blancas



Aguas de proceso



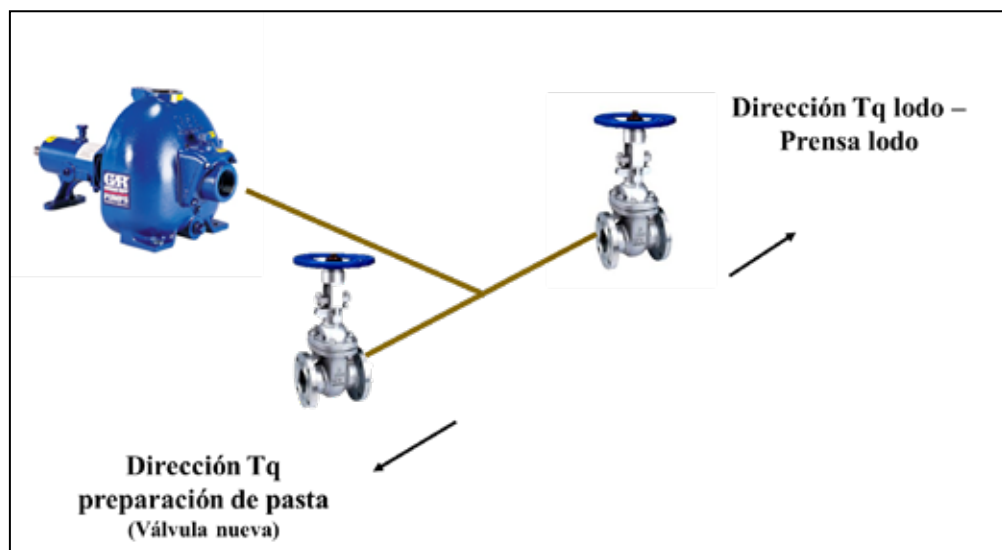
Agua del sistema contra incendio.

### Figura 15. Modelo de petición de oferta.

Fuente: González, Ojeda (2018)

En la instalación de la tubería de lodo se debe considerar dirección, posición e inclinación requerida para que cumplir con el recorrido de la misma y el rendimiento de la bomba.

Se debe adquirir e instalar una válvula compuerta de 6” pulgadas para controlar el flujo de la descarga de lodo del clarificador, es decir, esta válvula deberá ser instalada en el tubo que tiene dirección hacia el tanque de preparación de pasta, actualmente el tubo que tiene dirección al tanque de lodo ya cuenta con una válvula que controla el sistema actual. La intención de tener estas dos válvulas es que los dos sistemas estén operativos y en caso de alguna contingencia se pueda utilizar el sistema de mayor utilidad en el momento. En la propuesta se mantiene el sistema de recuperación de lodo o pulpa operativo y el sistema de prensado de lodo quedara de back up para los casos en que la producción este detenida y no se pueda alimentar los tanques de preparación de pasta. En la Figura N° 16 se expresa gráficamente la como estará ubicada la nueva válvula.



**Figura 16. Dirección grafica de la nueva válvula de compuerta.**

Fuente: González, Ojeda (2018)

En la figura N° 17 se podrá observar la válvula de compuerta recomendada para el proceso.



**Figura 17. Válvula de compuerta.**

Fuente: González, Ojeda (2018)

- **Mantenimiento preventivo y correctivo de la bomba.**

Con la ayuda del personal de mantenimiento mecánico y eléctrico se debe realizar mantenimientos preventivos y en caso de ser necesario correctivos a este motor y bomba con una frecuencia semanal. Esto se debe a que el esfuerzo y desgaste a la que estará expuesto en el proceso de recuperación de lodo será mayor a la que actualmente se enfrenta. Debido a que se desincorporaran varios equipos al cambiar

de sistema (2 bombas con su respectivo motor y la prensa lodo) el personal de mantenimiento podrá incorporar estas actividades sin que afecte sus rutinas diarias. En la tabla N° 5, se anexa el cronograma que se debe cumplir para garantizar eficiencia del equipo.

**Tabla 5. Cronograma de mantenimiento de la bomba de descarga del clarificador primario.**

Actividad	Departamento	Responsable	Cargo	Mes			
				1	2	3	4
Mantenimiento Preventivo Bomba Gorman Rupp CL1-PTE	Mecánico	J. fernandez	Sup. Mtto Mecánico	x	x	X	x
Mantenimiento Preventivo Motor bomba Gorman Rupp CL1-PTE	Eléctrico	R. Veliz	Sup. Mtto Eléctrico	x	x	X	x

Fuente: González, Ojeda (2018)

- **Regulación de consistencia en el tanque de preparación de pasta.**

Instalada la tubería y operativa la bomba de descarga del clarificador primario, es necesario realizar un monitoreo de la consistencia de la mezcla una vez se inicie el proceso de recuperación de lodo. La consistencia de los tanques es monitoreada a

través de un panel view ubicado en el centro de control del área de preparación de pasta.

Este proceso garantiza que la consistencia de la pulpa mezclada con el lodo sea la adecuada para alimentar la maquina Kobayashi, que es donde inicia el proceso de formación de la hoja. La consistencia se debe manejar es entre 4 y 7%, dependiendo del calibre del cartón que se desee producir.

#### 4.3.2 Estrategia 2: Plan de formación del personal involucrado en el proceso.

Se debe realizar una formación y capacitación a las diferentes cuadrillas de operadores con apoyo de los ingenieros de proceso y supervisores de turno, esto con el fin de que los involucrados conozcan el alcance del proyecto y puedan monitorear su funcionamiento. De acuerdo a la rotación de los operadores de los puntos críticos (preparación de pasta y planta de tratamiento), se deben planificar la formación de una (1) hora solo cuando la cuadrilla se encuentre en primer turno. La empresa cuenta con 5 cuadrillas (A, B, C, D, E), con jornada laboral de rotación por turno (1ero, 2do y 3ero). A continuación, se presenta cronograma de formación que debe cumplirse para poder culminar el proceso en 5 semanas.

**Tabla 6. Cronograma formación al personal**

Frecuencia	Actividad	Rotación			Responsable	Cargo
		1	2	3		
Semana 1	Entrenamiento proceso de recuperacion de lodo	A	D	C	J. Malave	Ing. Proceso
Semana 2	Entrenamiento proceso de recuperacion de lodo	D	E	A	L. Cardozo	Ing. Proceso
Semana 3	Entrenamiento proceso de recuperacion de lodo	E	B	D	D. Monasterio	Ing. Proceso
Semana 4	Entrenamiento proceso de recuperacion de lodo	B	C	E	L. Camacaro	Ing. Proceso
Semana 5	Entrenamiento proceso de recuperacion de lodo	C	A	B	J. Sampallo	Ing. Proceso

Fuente: González, Ojeda (2018).

Adicionalmente se anexa tabla Nª con planificación de la formación del personal.

**Tabla 7. Planificación de formación al personal**

Cuadrilla	Actividad	Alcance	Lugar	Fecha	Horario	Facilitador	Estatus		
							Planif.	Ejec.	Posp.
A	Formacion	Recuperacion de lodo Elaboracion de ensayo de lodo Chequeo de bombas de lodo primario Uso Panel View PTE Responsables Comunicación Plan de contingencia	Sala 4 de entrenamiento SKCV	5/8/2019	8:00 am 9:00am	Sptte. Tecnico/Gerente Tecnico	X		
D	Formacion	Recuperacion de lodo Elaboracion de ensayo de lodo Chequeo de bombas de lodo primario Uso Panel View PTE Responsables Comunicación Plan de contingencia	Sala 4 de entrenamiento SKCV	12/8/2019	8:00 am 9:00am	Sptte. Tecnico/Gerente Tecnico	X		
E	Formacion	Recuperacion de lodo Elaboracion de ensayo de lodo Chequeo de bombas de lodo primario Uso Panel View PTE Responsables Comunicación Plan de contingencia	Sala 4 de entrenamiento SKCV	19/8/2019	8:00 am 9:00am	Sptte. Tecnico/Gerente Tecnico	X		
B	Formacion	Recuperacion de lodo Elaboracion de ensayo de lodo Chequeo de bombas de lodo primario Uso Panel View PTE Responsables Comunicación Plan de contingencia	Sala 4 de entrenamiento SKCV	26/8/2019	8:00 am 9:00am	Sptte. Tecnico/Gerente Tecnico	X		
C	Formacion	Recuperacion de lodo Elaboracion de ensayo de lodo Chequeo de bombas de lodo primario Uso Panel View PTE Responsables Comunicación Plan de contingencia	Sala 4 de entrenamiento SKCV	2/9/2019	8:00 am 9:00am	Sptte. Tecnico/Gerente Tecnico	X		

**Fuente: González, Ojeda (2018).**

### 4.3.3 Beneficios de las estrategias propuestas.

Podemos definir los siguientes beneficios de implementar la propuesta planteada:

- Disminución de altos gastos en el manejo de lodos, (acarreos internos y externos). En los últimos 3 años el gasto promedio para este rubro fue aproximadamente 3.000 \$.
- Disminución de gastos correspondientes a la entrada del lodo prensado al vertedero del municipio para su disposición final, así como también el impacto que genera manejar los volúmenes de lodo dentro del recinto. Se lograría una alternativa de uso en pro del medio ambiente.
- Disminuir el mantenimiento preventivo y correctivo del filtro prensa y bombas involucradas en el sistema de prensado.
- Disminuir el uso de las mallas del filtro prensa (material importado). En promedio se sustituyen están mallas dos veces por año. Su costo aproximado es de 8.000 \$.
- Reducir el consumo de energía en planta de tratamiento, debido a la disminución de horas operativas del filtro prensa.
- Recuperación de pulpa de acuerdo a la consistencia del lodo. Se expresa en la siguiente tabla.

**Tabla 8. Recuperación de Lodo estimado**

Lodo Primario				
Descripción	Capacidad	UM	Real	UM
Caudal de la bomba	500	gpm	170	gpm
Ppm promedio del lodo	30.000	mg/l	3%	kg/l
Tiempo de operación de la bomba	10 min On 10 min Off		30	min/h
Flujo por Hora	5.100	gph	19.278	l/h
<b>Cantidad Recuperada</b>	<b>578,34</b>	<b>kg</b>	<b>0,6</b>	<b>ton</b>

Fuente: González, Ojeda (2018).

De acuerdo a cálculos estimados, la recuperación de lodo aporta 4,2 toneladas de materia prima por turno. Obteniendo un total aproximado de 400 toneladas recuperadas al mes.

#### **Fase IV: Evaluar la relación costo - beneficio de la propuesta diseñada en la empresa, Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A.:**

En esta fase se realizará una evaluación económica de la propuesta realizada en las fases anteriores para el proceso de recuperación de lodo, teniendo en consideración los costos que se requieren para que sea posible esta inversión y si esto puede justificarse con los beneficios que traerá esta propuesta.

Por políticas de la empresa, la propuesta fue suministrada por contratistas que se encuentran registrados en el maestro de proveedores aprobados y cumplen con los requisitos legales y de seguridad para realizar cualquier actividad dentro de la organización.

Los gastos asociados lo expresamos en los cuadros N° 1.2.3 y 4..

**Cuadro 1. Costos asociados a ensayos de las muestras**

Descripción	Cantidad	UM	Precio Unitario	Total
Caracterización por Laboratorio externo.	4	Ensayos	650.000,00	2.600.000,00
Calibración de equipos	1	Serv.	625.000,00	625.000,00
Papel filtro whatman	24	Caja	310.000,00	7.440.000,00
Toma muestra	1	UND	155.000,00	155.000,00
Mantenimiento de estufa	1	Serv.	180.000,00	180.000,00
			Total	Bs.S 11.000.000,00

Fuente: González, Ojeda (2018)

**Cuadro 2. Costos asociados a Conexión de tuberías y puesta punto de bomba**

Descripción	Cantidad	UM	Precio Unitario	Total
Tubo AI 6"	30	Metros	310.000,00	9.300.000,00
Tubo AI 4"	6	Metros	145.000,00	870.000,00
Reduccion AI 6 a 4	1	UND	625.000,00	625.000,00
Codo AI 6"	5	UND	450.000,00	2.250.000,00
Valvula Check 6"	1	UND	780.000,00	780.000,00
Disco de Corte 7"	4	UND	7.500,00	30.000,00
Electrodo AI 1/16	2	KG	310.000,00	620.000,00
Lija 180	2	UND	70.000,00	140.000,00
Mantenimiento Bba Clar 1	1	SERV	120.000,00	120.000,00
Pintura	1	UND	135.000,00	135.000,00
			Total	Bs.S 14.870.000,00

Fuente: González, Ojeda (2018)

**Cuadro 3. Costos asociados al servicio de conexión de tubería**

Descripción	Cantidad	UM	Precio Unitario	Total
Servicio metalmecánico de conexión de tubería proveedor externo.	1	Servicio	1.120.000,00	1.120.000,00
			Total	Bs.S1.120.000,00

Fuente: González, Ojeda (2018)

Para considerar estos costos de servicio se tomaron como referencias cotizaciones enviadas por 3 empresas contratistas, Metalmecánica Prosolmetal C.A, Servicios Industriales el Caribe C.A y Remuca C.A. Se seleccionó la mejor oferta para realizar el análisis. Estos proveedores cumplen con los requisitos mínimos legales y de seguridad que exige la organización para realizar cualquier actividad dentro de las instalaciones.

**Cuadro 4. Costos asociados al entrenamiento del personal**

Descripción	Cantidad	UM	Precio Unitario	Total
<b>Refrigerios</b>	5	Servicio	180.000	900.000
<b>Material de apoyo</b>				
			<b>Total</b>	<b>Bs.900.000</b>

Fuente: González, Ojeda (2018)

Incluye los gastos de refrigerios para los asistentes a la formación, se estima por cuadrilla tener entre 20 y 25 participantes. De igual manera el material de apoyo como hojas, bolígrafos entre otros. Este requerimiento fue cotizado por un proveedor llamado Inversiones la Catarina.

De acuerdo a los cuadros N° 1.2.3 y 4 se obtuvo en total un costo de

**27.890.000 Bs.S.**

## Cálculos para la obtención de beneficios

Para el cálculo del ahorro se consideró lo siguiente:

**Transporte y disposición:** Con la puesta en marcha del proyecto los gastos de fletes para realizar acarreos de lodo internos y externos ya no serían necesario, así como también el pago de entrada del lodo al verteder, por lo que se considera un ahorro en el gasto. De acuerdo a las cifras promediadas en los últimos 5 años, tenemos que se gastó 16.500.000 Bs.

**Materia Prima:** Considerando que el lodo será ingresado como parte de materia prima, y el cálculo de su aporte a la mezcla de acuerdo a la densidad es 400 toneladas por mes. Podemos decir que en el año se aportara 1440 toneladas. Por lo tanto, si el precio de la materia prima es de 4 Bs.S el kg, el ahorro en consumo de materia prima es 5.760.000 Bs.S.

De esta manera se calcula el retorno del capital para conocer en qué tiempo se recuperará la inversión.

$$\} \text{ Recuperación de capital} = \frac{\text{Costo (Bs.S)}}{\text{Ahorro (Bs.S)}} = \frac{27.890.000}{22.260.000} = 1,25 \text{ meses}$$

Sin considerar la inflación que afecta considerablemente los precios de referencia, podemos notar que el costo de la inversión de la propuesta se recuperaría en poco más de un mes luego de ser implementada. La razón por la que es tan rentable esta propuesta es porque las modificaciones que hay que realizar son de bajo impacto y aportaría un gran valor a dos rubros que generan gastos considerables a la organización como lo es transporte y materia prima.

Esta propuesta fue revisada y analizada con el equipo del departamento de compras, ingeniería y mantenimiento.

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo especial de grado, se logró, mediante las herramientas de la Ingeniería Industrial, proponer una solución para la recuperación del lodo generado en la planta de tratamiento de la empresa Smurfit Kappa Cartón de Venezuela S.A., con la finalidad de disminuir los costos asociados a acarreos internos y externos, mitigar el impacto ambiental generado en los vertederos municipales debido al volumen de lodo dispuesto, además de mejorar el proceso y aprovechar los recursos disponibles. Esta investigación se llevó a cabo mediante la identificación de las variables que intervienen en el proceso productivo, los requerimientos del mismo para incorporar el lodo residual como materia prima, el diseño de las estrategias para su implementación y por último su evaluación económica a través de un balance Beneficio-Costo.

- En la fase I se describió el proceso de recuperación del lodo, allí se determinó mediante registros documentales que datan desde el 2014 al 2018, que se genera un promedio de 0,26 toneladas de lodo residual por tonelada de cartón producido. Mediante registros fotográficos se pudo apreciar el canal de cemento donde fluye el agua residual o agua del proceso, proveniente de la limpieza de los equipos, derrames de tanques y la estabilización de la máquina. Toda el agua aceptada es enviada al clarificador primario donde se decanta el sólido y se clarifica el agua. El sólido acumulado en el fondo del clarificador primario es lo que se llama lodo residual. Una vez que la mezcla se encuentra homogénea, es alimentada la prensa para liberar el lodo de humedad y ser trasladado a un almacén temporal. También se describió la composición físico-química del lodo, su manejo y su disposición actual dentro de la planta de efluentes, el impacto

organizacional que genera su almacenamiento dentro de la planta, las debilidades percibidas durante la observación directa y el aporte de cada involucrado en el proceso.

- Durante la fase II se realizó un análisis de los requerimientos del proceso para incorporar el lodo como materia prima, para ello fue necesario revisar el proceso y definir las variables que intervienen en él, así como las condiciones en las que se encontraba el sistema. También se evaluaron los problemas encontrados al momento de almacenar el lodo y por medio de un diagrama Causa-Efecto (Ishikawa) fueron descritas las fallas del proceso, tales como: maquinaria, medioambiente, materiales, medidas, mano de obra, y el método. Se realizó además una clasificación de los requerimientos necesarios para la incorporación del lodo, donde se definió la modificación y redirección de tuberías en la planta de tratamiento, la caracterización del lodo que será devuelto al proceso, el monitoreo de bombeo para trasladar el lodo desde PTE al proceso, la capacitación del personal para incorporar una actividad nueva a su rutina diaria y la modificación del flujograma. Para finalizar esta fase, fue necesario determinar la disponibilidad de la empresa en base a los requerimientos mencionados y destacar las oportunidades de mejoras para la incorporación del lodo como materia prima.
- La fase III consistió en diseñar dos estrategias para el uso del lodo residual como materia prima.

La estrategia 1, iniciando con la modificación y adecuación del proceso.

- Û Analizar la muestra de lodo en un laboratorio externo.
- Û Re direccionar las tuberías de lodo e instalar la válvula de compuerta.
- Û Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a la bomba.

Ü Regular la consistencia en el tanque de preparación de pasta.

La estrategia 2, con un plan de formación del personal involucrado en el proceso.

Esta fase concluye destacando los beneficios de las estrategias propuestas, como:

Ü Disminución de altos gastos en el manejo de lodos, (acarreos internos y externos). En los últimos 3 años el gasto promedio para este rubro fue de aproximadamente 3.000 \$.

Ü Disminución de gastos correspondientes a la entrada del lodo prensado al vertedero del municipio para su disposición final, así como también el impacto que genera manejar los volúmenes de lodo dentro del recinto. Se lograría una alternativa de uso en pro del medio ambiente.

Ü Disminuir el mantenimiento preventivo y correctivo del filtro prensa y bombas involucradas en el sistema de prensado.

Ü Disminuir el uso de las mallas del filtro prensa (material importado). En promedio se sustituyen están mallas dos veces por año. Su costo aproximado es de 8.000 \$.

Ü Reducir el consumo de energía en planta de tratamiento, debido a la disminución de horas operativas del filtro prensa.

Ü Recuperación de pulpa de acuerdo a la consistencia del lodo. Se expresa en la siguiente tabla.

- En la fase IV, se evaluaron económicamente las propuestas por medio de la relación Beneficio-Costo, haciendo uso de tablas con los costos asociados a: ensayos de las muestras, conexión de tuberías y puesta a punto de la bomba, servicio de conexión de tubería, entrenamiento del personal y además se realizaron los cálculos para la obtención del ahorro, donde se consideró transporte y disposición, materia prima y la recuperación del capital.

Sin considerar la inflación que afecta considerablemente los precios de referencia, podemos notar que el costo de la inversión de las propuestas se recuperaría en poco más de un mes luego de ser implementada. La razón por la que es tan rentable esta propuesta es porque las modificaciones que hay que realizar son de bajo impacto y aportarían un gran valor a dos rubros que generan gastos considerables a la organización como lo son transporte y materia prima.

Esta propuesta fue revisada y analizada con el equipo del departamento de compras, ingeniería y mantenimiento.

### **RECOMENDACIONES**

Una vez elaboradas las conclusiones, se presentan una serie de recomendaciones que se desarrollan a continuación:

- Se recomienda a la empresa Cartón de Venezuela, S.A. implementar las propuestas desarrolladas en la presente investigación

- Para el desarrollo de este sistema se requiere el compromiso de la gerencia, así como de todas las personas que tengan relación directa o indirecta con las áreas involucradas en el proyecto.
- Disminuir el uso de la prensa de lodo para evitar el desgaste de los repuestos críticos de la misma.
- Enviar la menor cantidad de lodo prensado a los vertederos municipales ya que la capacidad de estos ha disminuido con el paso del tiempo, la población ha crecido y el espacio es cada vez más reducido para su manejo.
- Antes de implementar el sistema es necesario que el equipo de trabajo sea entrenado para aplicar cada una de las herramientas y propuestas planteadas de manera eficiente y tengan participación objetiva en el proyecto.
- Realizar monitoreos e inspección constante al proceso para identificar mejoras que ayuden a ser eficiente el proceso.
- Expandir la metodología de mejora continua a otras áreas de la empresa, lo cual ayudara al compromiso de los trabajadores y al uso eficiente del tiempo y recursos disponibles.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Arias, F. (2012). **El Proyecto de Investigación**. Caracas: Editorial: Ro-mor.

Domenech, R. (2012). **Control de la Calidad**. Caracas: Editorial: Navarrete.

Sociedad Latinoamericana para la Calidad., (2014). **Ensayo de herramientas aplicadas**. Guadalajara: Editorial: Luz.

Arráez, A. (2016). **Mejora Continua**. Caracas: Editorial: Navarrete.

Sabino, C. (2012). **Metodología de la Investigación**. Caracas: Editorial:

Ovol., J. (2010). **Técnicas de Investigación**. Valencia: Editorial: Ro-mor.

UPEL. (2002). **MANUAL DE TESIS DE GRADO DE ESPECIALIZACIÓN Y MAESTRÍA Y TESIS DOCTORALES**. Valencia: Editorial: FEUPEL.