

**ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA
INSTALACIÓN DE UN SEGUNDO HORNO INCINERADOR EN LA EMPRESA
ASERHI S.A.S. E.S.P. DE POPAYÁN**



JUAN SEBASTIAN ZUÑIGA CORTAZAR

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

2017

**ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA
INSTALACIÓN DE UN SEGUNDO HORNO INCINERADOR EN LA EMPRESA
ASERHI S.A.S. E.S.P. DE POPAYÁN**



JUAN SEBASTIAN ZUÑIGA CORTAZAR

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

**Director:
Ingeniero ambiental
Fabián Fernández**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA**

2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados del trabajo de grado, titulado como: **ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA INSTALACIÓN DE UN SEGUNDO HORNO INCINERADOR EN LA EMPRESA ASERHI S.A.S. E.S.P. DE POPAYÁN** Realizado por Juan Sebastián Zúñiga Cortázar, una vez desarrollado el proyecto final y aceptada la sustentación del proyecto de grado, autorizan la continuación De los trámites para obtener el título de Ingeniero Ambiental y sanitario.

Primer Jurado

Segundo Jurado

Fabián Fernández
Director

DEDICATORIA

Este proyecto de grado es importante para lograr el objetivo que me he trazado con dedicación, disciplina y entusiasmo de llegar a ser ingeniero ambiental y sanitario. En primera instancia se lo dedico a mis padres debido al tiempo que me brindaron toda su ayuda, motivación y tener confianza en mis resultados además de su apoyo tanto en la parte económica como emocional.

Gracias a los Profesores pude lograr aprender muchas cosas en el transcurso de la carrera, por ellos pude aprender crecí académicamente y obtuve muchos resultados positivos además de una buena enseñanza.

A la empresa ASERHI S.A.S E.S.P y a todo el personal de trabajo por confiar en mí y darme la oportunidad de trabajar con ellos, gracias a esto logre aprender muchas cosas además de brindar una buena pasantía y obtener un buen conocimiento en toda la parte ambiental de la empresa.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre y mi padre por todas las ayudas y el apoyo tanto económico como educativo que me brindaron para poder estudiar y lograr ser Ingeniero Ambiental y Sanitario, una gratificación para los docentes de la corporación universitaria autónoma del cauca, por la enseñanza y lo que pude aprender en el transcurso de la carrera.

Para las ingenieras Ángela Montaña y Adriana Sánchez, una gratitud por revisarme y corregir el anteproyecto para poder ser aprobado, para hacer la continuación del proyecto de grado. También para el ingeniero Fabián Fernández un agradecimiento por su cordialidad de revisarme y corregirme el proyecto de grado para poder ser aprobado y poderlo sustentar a los jurados de la universidad.

A la empresa ASERHI S.A.S E.S.P DE POPAYAN gracias por brindarme una pasantía y lograr hacer un proyecto de grado. Principalmente a los ingenieros Elkin Giraldo, Cesar Ramírez y Lady Niño que me brindaron ayudas para hacer el trabajo de pasantía y realizar el proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I: PROBLEMA.....	16
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.2. JUSTIFICACIÓN	18
1.3. OBJETIVOS	19
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL	20
2.1. ANTECEDENTES.....	20
2.1.1. PLANTA DE INCINERACIÓN DE EKOKEM EN FINLANDIA Y APROVECHAMIENTO DE LAS EMISIONES COMO ENERGÍA.	20
2.1.2. PLANTA DE PROCESAMIENTO DE TECNIAMSA EN MOSQUERA CUNDINAMARCA.....	21
2.1.3. PROCESO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA PLANTA ASERHI S.A.S. E.S.P. DE POPAYÁN.	22
2.2. MARCO TEÓRICO	23
2.2.1. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	23
2.2.2. RESIDUOS SÓLIDOS.....	25
2.2.3. HORNO ROTATORIO DE 300 kg/h	28
2.3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	31
2.3.1. CUMPLIMIENTO LEGAL	33
2.3.2. ACTIVIDAD DE LA PLANTA	36
2.4. BASES LEGALES	38
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	42
3.1. ETAPA I: DIAGNOSTICO	42
3.1.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	42
3.1.2. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES	43
3.1.3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES	43
3.2. ETAPA II: AJUSTAR EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL VIGENTE ..	47
3.3. ETAPA III: GENERAR LAS MEDIDAS DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL.....	48
CAPITULO IV: RESULTADOS	49
4.1. DIAGNOSTICO.....	49
4.1.1. UBICACIÓN	49

4.1.2. GEOLOGÍA	50
4.1.3. GEOMORFOLOGÍA	50
4.1.4. CLIMA	51
4.1.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	55
4.1.6. EVALUACIÓN AMBIENTAL	60
4.1.6.1. COMPONENTE AGUA	62
4.1.6.2. COMPONENTE AIRE	63
4.1.6.3. COMPONENTE SUELO	65
4.1.6.4. COMPONENTE RECURSOS DE OPERACIÓN	66
4.1.6.5. COMPONENTE RECURSOS HUMANOS	66
4.2. AJUSTE DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	67
4.2.1. PROGRAMA DE MANEJO DE EMISIONES	68
4.2.2. PROGRAMA DE MANEJO DE VERTIMIENTOS	70
4.2.3. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	70
4.2.4. PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS (RECURSOS NATURALES O INSUMOS DE OPERACIÓN)	72
4.2.5. PROGRAMA DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS EN SALUD	72
4.3. MEDIDAS DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL	73
4.3.1 MEDIDAS DE MONITOREO	73
4.3.1.1 COMPONENTE AIRE	73
4.3.1.2. COMPONENTE AGUA	76
4.3.1.3. COMPONENTE SUELO	78
4.3.1.4. COMPONENTE RECURSOS DE OPERACIÓN	79
4.3.1.5. COMPONENTE RECURSOS HUMANOS	80
4.3.2. MEDIDA DE SEGUIMIENTO	81
4.3.3. MEDIDA DE CONTROL	83
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1. CONCLUSIONES	85
5.2. RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFÍA	88
ANEXOS	92

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. DETALLES TÉCNICOS DEL HORNO INCINERADOR.	30
TABLA 2. RESIDUOS AUTORIZADOS A MANEJO POR INCINERACIÓN EN LA PLANTA.....	34
TABLA 3. RANGOS PARA EL CÁLCULO DE LA IMPORTANCIA AMBIENTAL.....	46
TABLA 4. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL MÉTODO CONESA.	60
TABLA 5. RESULTADOS PROMEDIO DE MONITOREO DE GASES DE COMBUSTIÓN HORNO ASERHI S.A.S. E.S.P.	64
TABLA 6. IMPACTOS SIGNIFICATIVOS AL INSTALAR UN NUEVO HORNO INCINERADOR. .	67
TABLA 7. ESTÁNDAR DE EMISIONES ADMISIBLES POR LA RESOLUCION 909 DEL 2008.	74
TABLA 8. LAS MUESTRAS DE LA EMPRESA ASERHI S.A.S. E.S.P.	75
TABLA 9. LOS VALORES PERMITIDOS PARA VERTIMIENTOS.....	77

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	25
FIGURA 2. PROCESOS DESARROLLADOS POR ASERHI S.A.S E.S.P.	36

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1. TEMPERATURAS EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN. POPAYÁN.....	51
GRAFICA 2. PRECIPITACIÓN EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.	52
GRAFICA 3. HUMEDAD EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.	53
GRAFICA 4. LLUVIA Y EVAPOTRANSPIRACIÓN EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN	54
GRAFICA 5. RADIACIÓN SOLAR EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.	54
GRAFICA 6. VELOCIDAD DEL VIENTO EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN.	55

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS.	92
ANEXO 2. FICHAS AMBIENTALES.....	94
ANEXO 3. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PRIMER HORNO INCINERADOR.....	103

LISTA DE MAPAS

MAPA 1. UBICACIÓN DEL PARQUE INDUSTRIAL.	49
MAPA 2. COBERTURA Y USO DEL SUELO.	57
MAPA 3. LAS ZONAS PRESENTAN PROBLEMA EN EL USO DEL SUELO.....	57
MAPA 4. POSIBLES AMENAZAS DE DESLIZAMIENTO.	58
MAPA 5. POSIBLE AMENAZA DE INUNDACIÓN.....	59
MAPA 6. POSIBLE AMENAZA POR EROSIÓN.	59

RESUMEN

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. pretende instalar a mediano plazo un horno incinerador con mayor capacidad al que tienen en operación actualmente debido a que cada vez más municipios aledaños están enviando sus residuos peligrosos a esta empresa para ser procesados, por ello fue necesario identificar y evaluar qué impactos ambientales podrá generar el nuevo montaje y a partir de esto proponer medidas para mitigar las consecuencias negativas de la instalación.

Para identificar las variables a controlar se conoció el proceso de incineración de manera detallada, además fue necesario recopilar toda la información que brinda la empresa para comprender la normatividad ambiental y saber cuál es la licencia con la que cuenta actualmente. Se estudió el entorno con el cual interactúa ASERHI S.A.S. E.S.P. por eso se realizaron estudios de zonificación ambiental, clima y recursos naturales usados en el procedimiento para garantizar de esta manera la elaboración de un plan de evaluación ambiental que tenga en cuenta todos los factores y sea capaz de minimizar los potenciales impactos negativos para mantenerlos durante el tiempo de uso del segundo horno incinerador en los valores más bajos posibles.

Mediante entrevistas con el personal y observando las etapas por las que pasan los residuos a ser procesados, se determinaron sustancias nocivas para el medio ambiente y la salud, a partir de identificar, cuantificar, describir estos compuestos y reconocer fases de la incineración perjudiciales se elaboró una matriz de impacto ambiental, la cual permitió conocer con certeza cuáles van a ser las actividades más dañinas, en función de estos resultados se modificó el estudio de impacto ambiental de tal manera que se plantearon mecanismos de prevención, control y monitoreo con el fin de minimizar los impactos negativos que puede llegar a causar esta nueva instalación y de esta manera cumplir con la licencia ambiental actual para que no sea necesario renovarla.

Palabras clave: dioxinas, furanos, combustión, material particulado, cenizas, emisiones, seguimiento, monitoreo y control.

ABSTRACT

The company ASERHI S.A.S. E.S.P. It hopes to install in the medium term an incinerator furnace With greater capacity than they have in operation currently due to more and more neighboring municipalities are sending their hazardous waste to this company to be processed, so it was necessary to understand what environmental impacts can generate the new mounting and from this it was proposed measures to mitigate the negative consequences of the installation.

To identify the variables to be controlled, the process of incineration was known in detail, It was also necessary to collect all the information provided by the company to understand environmental normativity and know what license you currently have. We studied the environment with which ASERHI S.A.S. E.S.P. Environmental zoning, climate and Natural resources used in the procedure to ensure the development of an environmental assessment plan that takes into account all the factors and Is capable of minimizing the potential negative impacts to maintain them during the time of use of the second incinerator furnace at the lowest possible values.

Through interviews with the staff and observing the stages through which the waste passes to be processed, Substances were found to be harmful to the environment and health, from identifying, quantifying, describing these compounds and recognizing detrimental incineration phases an environmental impact matrix is developed, Which allows us to know with certainty what will be the most harmful activities, In function of these results, the environmental impact study was modified in such a way that mechanisms of prevention, control and monitoring in order to minimize the negative impacts that this new installation may cause and thus comply with the current environmental license so that it is not necessary to renew it.

Keywords: Dioxins, furans, combustion, particulate matter, ash, emissions, Tracing, monitoring and control.

INTRODUCCIÓN

En el control del proceso de incineración de los residuos sólidos y líquidos es importante conocer las propiedades fisicoquímicas de los residuos y las consecuencias que pueden llegar a ocasionar, ya que estos pueden tener efectos negativos para el medio ambiente o en la salud pública. Para ello se debe optimizar este proceso de la mejor manera, ya sea utilizando hornos incineradores de última tecnología o también reutilizando los subproductos obtenidos del proceso en otro tipo de industria [1].

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. se encarga de la gestión externa de los residuos peligrosos del Cauca, además se han sumado algunos municipios de los departamentos de Nariño, Putumayo y parte del valle del Cauca, generando un incremento en el volumen de residuos a incinerar, por lo que hace necesario pensar en la instalación de un nuevo horno con una mayor capacidad de incineración a futuro. La empresa cuenta con una licencia ambiental que se describe en la resolución 0474 del 2009 de la corporación autónoma regional del cauca (CRC), para la instalación de este nuevo horno se realizó una modificación del actual estudio de impacto ambiental, para identificar y tener en cuenta los aspectos e impactos que implican su instalación y analizar cuáles son los factores que se afectan una vez esté instalado, de esta manera se establecieron los planes de manejo ambiental, seguimiento y monitoreo para permitir a la organización prestar su servicio con mayor cobertura y capacidad así como cumplir los requisitos legales ambientales aportando desarrollo tecnológico a la región.

Debido al trabajo de grado que se realizó en modalidad de pasantía, se obtuvo la modificación del estudio de impacto ambiental el cual tiene en cuenta la instalación del segundo horno, para garantizar de esta manera que se cumpla la normatividad exigida cuando se ponga en marcha. No fue necesario modificar la licencia ambiental mencionada anteriormente o tramitar una nueva, ya que actualmente la licencia que tiene la empresa otorga permisos para el funcionamiento de dos hornos incineradores, pero actualmente solo está puesto en marcha uno.

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel regional se está aumentando periódicamente la cantidad de residuos sólidos los cuales pueden ser muy perjudiciales para la salud de la población y el medio ambiente [2], en Colombia el principal mecanismo para el tratamiento de los residuos es la disposición final en rellenos sanitarios, cuando el municipio cuenta con rellenos para este fin, no obstante a nivel regional se sabe que existen municipios que deben trasladar sus residuos largas distancias o en su defecto descartarlos en botaderos a cielo abierto o incluso ríos, por lo tanto es importante implementar nuevas tecnologías que permitan disminuir el impacto ambiental generado por los pasivos ambientales de llevar los residuos a rellenos sanitarios, el problema del manejo inadecuado de los residuos sólidos es la contaminación al medio ambiente y el deterioro de la salud pública [2].

Dentro de las proyecciones de la empresa ASERHI SAS ESP a mediano plazo se encuentra la de instalar uno de mayor capacidad de aproximadamente 300 kg/h debido a que cada vez se están procesando residuos de más municipios, no solo del departamento del Cauca, también de algunos aledaños, por lo que se hace necesario el montaje de este segundo horno para satisfacer los requerimientos de todos los clientes, además de garantizar el crecimiento de la empresa, debido a esto se debe realizar una modificación del estudio de impacto ambiental actual y un plan que pueda ser ejecutado para controlar los impactos sobre el medio ambiente que puedan causar la puesta en marcha de este segundo horno.

No obstante, los procesos de incineración y de valorización energética aun con sistemas de tratamiento de emisiones, generan impactos ambientales como el deterioro de la calidad del aire, del suelo y de los recursos naturales debido a los combustibles que se deben utilizar para llevar a cabo el proceso de incineración, por lo tanto es importante realizar la modificación del actual estudio

de impacto ambiental y un plan que pueda ser ejecutado para que las consecuencias no repercutan de manera significativa en el medio ambiente.

Al momento de la incineración de estos residuos, cuando cambian y pasan a un estado gaseoso pueden ser muy nocivos tanto para la población como para el medio ambiente debido a su composición química, por eso las emisiones deben pasar por un proceso fisicoquímico de limpieza el cual permite controlar y disminuir compuestos nocivos presentes en el gas para que las emisiones no afecten la calidad del aire y la salud de la población [3].

Por lo tanto dentro de los principales compromisos de la empresa se encuentra la minimización de las concentraciones de los gases de emisión generados sin escatimar en costos en el tratamiento, debido a esto se ha conseguido cumplir con lo establecido por la Resolución 909 de 2008 del ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, el cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas, además se dictan otras disposiciones [4].

Actualmente la empresa opera con un horno de capacidad de 120 kg/h, el cual está compuesto por 3 cámaras, las cuales son la cámara de combustión, la de oxidación y la de postcombustión, este horno está diseñado específicamente para que cumpla con lo estipulado por la resolución 0058 de enero 21 de 2001, resolución 0086 del 27 de julio de 2004, resolución 909 de 2008 y la resolución 760 de 2010 emitidas por el ministerio del medio ambiente, las cuales se van a explicar con más detalle en el capítulo 2. La eficiencia del horno depende del control de las condiciones termodinámicas y fisicoquímicas dentro de estas tres cámaras [5].

El horno incinerador que está instalado actualmente en la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. genera aspectos ambientales como material particulado y cenizas, lo que produce una afectación en el componente aire y suelo, además este horno funciona con la combustión de gas propano, acompañado de esto, durante el proceso de incineración se emplea el uso de agua lo que produce un agotamiento de recursos naturales.

1.2. JUSTIFICACIÓN

A nivel mundial se está viviendo una época crítica en cuanto a equilibrio ambiental se refiere, esto debe a la gran demanda de materia prima que se debe procesar para cumplir con los requerimientos de las diferentes empresas del mercado. En el proceso de transformación de la materia prima se genera productos de desecho sólido, líquido o gaseoso, los cuales causan un impacto negativo al medio ambiente; algunos son tratados y otros son llevados directamente a rellenos sanitarios u hornos incineradores. Por lo que es necesario la vigilancia mediante el monitoreo ambiental.

Por lo anterior es pertinente realizar una modificación del actual estudio de impacto ambiental para mitigar las consecuencias negativas en el medio ambiente debido a la instalación a futuro del nuevo horno incinerador, ya que se van a alterar los valores de los factores que se deben censar y controlar en el proceso de incineración. La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. cuenta con el permiso para la operación de dos hornos incineradores pero actualmente solo se utiliza uno por lo que es necesario elaborar el estudio de impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de la resolución 909 de 2008, de esta manera al modificar el plan de manejo ambiental actual se garantizara que se puedan moderar los impactos negativos que se produzcan al llevar a cabo esta instalación.

Con el nuevo plan se evalúa el nuevo horno y se estudia que impactos ambientales que traen la instalación y operación del segundo horno a instalar en un futuro.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el estudio del impacto ambiental de la instalación de un nuevo horno incinerador de mayor capacidad en la planta de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los aspectos y evaluar los impactos ambientales derivados de la instalación de un nuevo horno incinerador con mayor capacidad.
- Ajustar el plan de manejo ambiental de la empresa con los controles para los nuevos impactos.
- Generar las medidas de monitoreo, seguimiento y control de los programas de manejo ambiental.

CAPITULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

En el proceso de incineración de los residuos peligrosos, se presentan sustancias nocivas tanto para el medio ambiente como para la salud pública, algunas de estas sustancias son el dióxido de carbono (CO₂), dioxinas y furanos. Estas dos últimas sustancias pueden ser perjudiciales aun en bajas concentraciones y su presencia puede desencadenar enfermedades como alteraciones en la piel, deteriorando órganos importantes como el corazón, hígado, perjudicando el sistema inmune, incluso pueden ser cancerígenas. Para eliminar estas sustancias, es necesario someterlas a un proceso térmico, elevando la temperatura a más de 1000°C [1].

En Colombia actualmente se utiliza el proceso térmico para la eliminación de dioxinas y furanos además de someterlos a un proceso químico para mantener las presencias de estas sustancias en niveles prácticamente despreciables [1].

A nivel mundial, el principio de este método es el mismo para eliminar este tipo de sustancias nocivas, el cual es someterlo a un proceso térmico, solo que en algunos países se cuenta con equipos más eficientes con una mejor tecnología, lo que hace la exterminación casi por completo de estas sustancias, en el noreste de Europa, está situada una de las plantas de incineración que procesa más residuos, la cual se describe mejor a continuación [1].

2.1.1. PLANTA DE INCINERACIÓN DE EKOEM EN FINLANDIA Y APROVECHAMIENTO DE LAS EMISIONES COMO ENERGÍA.

La empresa EKOEM [6] ubicada en Riihimaki al sudeste de Finlandia es líder en el procesamiento de residuos peligrosos en general, procesa mas de 100.000 toneladas de residuos al año [7], usando un pretratamiento físico de limpieza y trituración, para finalizar por incineración. Este pretratamiento genera que las emisiones perjudiciales para el medio ambiente se reduzcan a un punto en que el nivel del monóxido de carbono esta en una quinta parte de la norma de la

union europea. La temperatura de incineracion es de 1300°C a 1400°C, este valor hace que no genere peligrosos gases de combustion [6].

La alta temperatura garantiza que las emisiones de las dioxinas quedan por debajo de la norma de la union europea, la cual es de 0.1 nano gramos por metro cubico. La alta temperatura tambien garantiza la buena calidad de la escoria, el proceso de incineracion de EKOKEM no genera residuos adicionales y la escoria resultante de la incineracion puede usarse por ejemplo en la industria y materiales de construccion [6].

Los gases generados en el proceso de incineracion adquieren cierta cantidad de energia mecanica debido a su movimiento, al pasar estos gases por turbinas hacen que se genere movimiento de estas y tiene lugar una conversion de energia mecanica a energia electrica, esta energia es aprovechada para producir calefaccion urbana y generacion de electricidad, de esta manera se usa de nuevo el 85% de la energia que se utiliza en el proceso de incineracion de los residuos peligrosos [8].

2.1.2. PLANTA DE PROCESAMIENTO DE TECNIAMSA EN MOSQUERA CUNDINAMARCA.

Se encuentra ubicada en Mosquera, Cundinamarca, a 10 Km de la capital colombiana, aquí se procesan residuos generados en el sector de petróleo y gas, industrial y hospitalario. Posee la infraestructura de incineración más grande de Colombia, también un sistema de alta tecnología para retener sustancias perjudiciales, para que no afecte la salud de la población, tiene una capacidad de procesar 3500 Kg de residuos peligrosos por hora (3500 Kg/h) [9].

Inicialmente, al momento de la llegada de los residuos peligrosos a la planta, son pesados en una báscula, luego de esto, son llevados a una zona temporal donde se organizan de acuerdo a su compatibilidad química, para luego ser trasladados a la planta de incineración o para ser pre-tratados si se llegase a requerir. Los residuos que son transportados al proceso de incineración se ingresan en un

horno rotatorio completamente hermético, el cual genera una temperatura entre 800°C y 1200°C [10].

El proceso de incineración comienza en el sistema de cargue, con lotes de 50 Kg, una vez el material es cargado pasa a la cámara de combustión, que está compuesta por un tambor giratorio, la rotación constante de los residuos y el tiempo de residencia garantiza una incineración completa, como resultado de esta etapa del proceso se obtienen cenizas, que son almacenadas en empaques sellados y dispuestas en celdas de seguridad, los gases siguen en un importante proceso que continua en la cámara de post-combustión, en esta parte del proceso se eleva la temperatura a mínimo 1200°C, esto con el objetivo de destruir compuestos como las dioxinas, furanos y otras sustancias que pueden llegar a ser muy tóxicas y cancerígenas para el ser humano [10].

Los gases que se liberan en el proceso térmico pasan a ser enfriados en medio segundo, pasando de 1200°C a 250°C, esto se hace mediante la inyección de agua e hidróxido de sodio, neutralizando así los gases ácidos como el ácido clorhídrico y el dióxido de azufre. El siguiente paso es el ciclón, que por medio de un proceso de succión recoge las sales como el cloruro de sodio, el sulfato de sodio y las cenizas volátiles [11].

Posteriormente se pasa a la cámara impactadora, donde a través de un cambio brusco de volumen se disminuye la velocidad del gas y se genera una precipitación de material particulado, seguidamente se pasa al filtro de mangas, que remueve este material de hasta 0.1 micras, para garantizar un material limpio, después en el reactor de dioxinas y furanos se hace una destrucción catalítica por medio de óxido de titanio y vanadio. Finalmente están los ventiladores, los cuales generan una succión permanente de todo el proceso, lo que garantiza que no existan emisiones al exterior de la planta [12].

2.1.3. PROCESO DE INCINERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS EN LA PLANTA ASERHI S.A.S. E.S.P. DE POPAYÁN.

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. encarga de la gestión y tratamiento de residuos peligrosos en la región suroccidente del país, mediante la recolección

en el punto donde se generan, una vez llegan a la planta son pesados y se clasifican de acuerdo a sus características fisicoquímicas como incinerables o no incinerables, los no incinerables son de forma general procesados por tratamiento fisicoquímico o almacenados para ser evaluados posteriormente y determinar si es posible su aprovechamiento ser enviados a otras empresas autorizadas para el tratamiento [13].

Actualmente esta empresa gestiona la implementación de un sistema el cual permite aprovechar el calor proveniente de las emisiones que generan los hornos al incinerar los residuos peligrosos, de tal manera que se pueda convertir esa energía cinética de los gases en movimiento en energía eléctrica.

Esta planta cuenta con una capacidad de procesamiento de 840 toneladas al año [13].

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El plan de manejo ambiental, es un documento el cual se realiza con objetivo de cumplir toda la normatividad en cuanto al medio ambiente se refiere, aquí se satisfacen políticas de calidad de la dirección de licencias, permisos y trámites en los procesos de evaluación y seguimiento ambiental. Es pertinente realizarlo cuando se va a llevar a cabo un proyecto el cual genere efectos o consecuencias negativas en el medio ambiente, al elaborarlo se deben especificar de manera detallada las actividades que se van a llevar a cabo para contrarrestar esos efectos negativos que generen los impactos identificados al desarrollar el proyecto [14].

Para mitigar los posibles daños en el medio ambiente, es necesario que este documento incluya también planes de monitoreo, seguimiento y control. En Colombia, para elaborar un óptimo plan de manejo ambiental, es necesario basarse en la metodología general para la presentación de estudios ambientales propuesta por el ministerio del medio ambiente, además debe incluir zonificación ambiental con sus respectivos lineamientos, lo cual permite identificar las zonas que se van a ver más afectadas una vez se ejecute el proyecto [14].

La evaluación de impacto ambiental permite determinar, describir y evaluar los impactos que pueden llegar a sufrir el medio abiótico y biótico dependiendo de la actividad del estudio, en este caso se deben evaluar los impactos que puede causar la instalación del segundo horno en estos medios [14].

En este estudio se debe utilizar una metodología de criterios de valoración y una matriz de impacto ambiental, esto se consigue mediante criterios confiables y reconocidos como el de Vicente Conesa [15], el cual se va a describir en el capítulo 3 de este documento. Para desarrollar la evaluación de impacto ambiental se tiene en cuenta lo siguiente:

- Examinar los impactos previos del estudio que se va a realizar y las actividades donde se ocasionan cambios en la parte ambiental.
- Analizar y calificar los impactos esperados para poder definir las actividades del estudio propuesto.

Los criterios a considerar para la evaluación cuantitativa y cualitativa del proyecto son generalmente [15]:

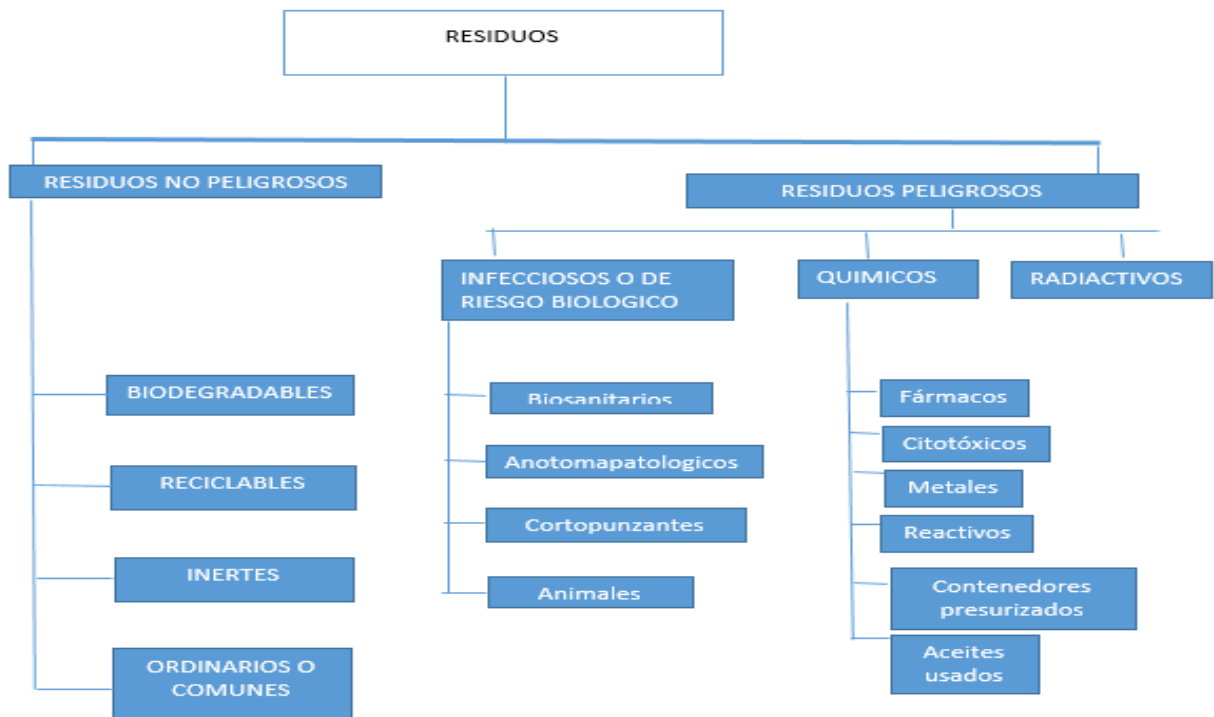
- Carácter
- Cobertura
- Magnitud
- Duración
- Resiliencia
- Reversibilidad
- Recuperabilidad
- Periodicidad,
- Tendencia
- Tipo
- Posibilidad de ocurrencia.

Para valorar y jerarquizar los impactos, se debe tomar como referencia los límites permisibles de los contaminantes, definidos en la legislación ambiental así como el riesgo de la construcción y operación del proyecto sobre los diferentes medios.

Los tipos de residuos que se pueden generar debido a las actividades humanas se resumen en la figura 1 que es la siguiente [16]:

2.2.2. RESIDUOS SÓLIDOS

Figura 1. Clasificación de los residuos



Fuente: Ministerio de medio ambiente y salud [16].

Se entiende por residuo sólido como cualquier objeto, materia o sustancia resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, comerciales, industriales. Los materiales resultantes de la limpieza de áreas públicas también están dentro de esta categoría. Cabe aclarar que hay algunos desechos que son especiales, los cuales por su naturaleza y características no se puede recolectar normalmente por el personal de servicio público de aseo debido a sus consecuencias nocivas para la salud pública o para el medio ambiente, por ello estos residuos deben procesarse de una manera especial [17]. Los residuos sólidos se pueden clasificar en:

- **RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS**

Son aquellos que son producto de la actividad doméstica, debido a su tamaño y naturaleza pueden ser recolectados por el servicio público de aseo convencional, dentro de esta categoría de residuos, se pueden encontrar los desechos orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos son biodegradables, es decir que se pueden descomponer en un tiempo relativamente corto de manera natural para así transformarse en otro tipo de materia orgánica, algunos de estos son los restos de comida, papel, excrementos de animales, césped o hierbas, entre otros [18].

Los residuos inorgánicos son aquellos que no se descomponen fácilmente y están sometidos a ciclos para el proceso de degradación muy largos, por esta razón son los mayores generadores de impacto ambiental negativo, si a la hora de su disposición final no se tratan de manera adecuada, se empezara a desencadenar un deterioro del medio ambiente [18].

- **RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS:**

Son aquellos residuos sólidos que poseen características no peligrosas y por ende no representan ningún riesgo para la salud o el medio ambiente, estos pueden ser recolectados normalmente por el prestador del servicio público de aseo, como por ejemplo los desechos urbanos o municipales, industriales inertes, la construcción y demolición, entre otros [19].

- **RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLES:**

Es cualquier material o elemento que puede ser aprovechado para su reincorporación a un proceso productivo a través de un proceso industrial o casero, como ejemplo de estos residuos se tiene el papel, plástico, chatarra, vidrio, telas, partes de equipos obsoletos o en desuso, entre otros [20].

- **RESIDUO PELIGROSO**

Un gran número de productos se convierten en residuos inservibles para el consumo y algunos de ellos están asociados a ciertos riesgos como muy perjudiciales para el medio ambiente y/o para la salud pública. La principal fuente de generación de estos residuos está en el sector industrial, agrícola, salud entre

otros, hasta en los hogares se general este tipo de residuos en un pequeño porcentaje. Estos residuos poseen características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, reactivas o infecciosas [21]. Es importante mencionar que también se consideran residuos peligrosos los empaques o envases que estuvieron en contacto con este tipo de sustancias. Actualmente, la manera más usada para su disposición final es mediante la incineración, algunos residuos peligrosos que vale la pena mencionarlos, que son los siguientes:

Biosanitario: Son todos aquellos elementos o instrumentos utilizados durante la ejecución de los procedimientos asistenciales que tienen contacto con materia orgánica, sangre o fluidos corporales del paciente humano o animal tales como gases, apósitos, aplicadores, algodones, drenes, vendajes, mechas, guantes, bolsas para transfusiones sanguíneas, catéteres, sondas, material de laboratorio como tubos capilares y de ensayo, medios de cultivo, láminas porta objetos y cubre objetos, laminillas, sistemas cerrados, drenajes, ropas desechables, desechables, toallas higiénicas, pañales o cualquier otro elemento desechable que la tecnología médica introduzca [21].

Anatomopatológicos: Son los provenientes de restos humanos, muestras para análisis, incluyendo biopsias, tejidos orgánicos amputados, partes y fluidos corporales, que se remueven durante necropsias, cirugías u otros procedimientos, tales como placentas, restos de exhumaciones entre otros [21].

Cortopunzantes: Son aquellos que por sus características punzantes o cortantes pueden dar origen a un accidente percutáneo infeccioso. Dentro de éstos se encuentran limas, lancetas, cuchillas, agujas, restos de ampollas, pipetas, láminas de bisturí o vidrio, y cualquier otro elemento que por sus características cortopunzantes pueda lesionar y ocasionar un riesgo infeccioso [21].

Reactivos: Son aquellos que por sí solos y en condiciones normales, al mezclarse o al entrar en contacto con otros elementos, compuestos, sustancias o residuos, generan gases, vapores, humos tóxicos, explosión o reaccionan térmicamente colocando en riesgo la salud humana o el medio ambiente.

Incluyen líquidos de revelado, reactivos de diagnóstico in vitro, de bancos de sangre entre otros [21].

Radiactivos: Son las sustancias emisoras de energía continua en forma de radiación alfa, beta o gamma, las cuales son altamente nocivas para salud humana o medio ambiente, algunas fuentes de estos residuos son trazadores y químicos para el tratamiento del cáncer, líquidos de pacientes con terapias a partir de sustancias radioactivas y equipos con fuentes radioactivas [21].

2.2.3. HORNO ROTATORIO DE 300 kg/h

Según los estudios previos y planos de la empresa, será instalado un horno rotativo el cual consiste en una unidad de incineración que consta de un tambor giratorio el cual se mueve a velocidad constante para garantizar una mejor combustión de los residuos ya que se incineran de manera uniforme por el movimiento circular.

La estructura principal del horno es de acero inoxidable y de forma cilíndrica, en su interior posee una capa de material refractario y otra de aislante térmico para minimizar el deterioro debido a las altas temperaturas; este cuenta con una entrada para el ingreso de los residuos, un quemador auxiliar y la entrada para el combustible, además cuenta con un conducto y un ventilador para la salida de los gases los cuales pasan a ser tratados fisicoquímicamente para reducir el daño que le puedan causar al medio ambiente, este sistema de ventilación tiene varios usos entre los cuales se pueden destacar el evitar que los gases generados en el proceso puedan salir al exterior de la unidad de incineración, también es útil debido a que evita que cada vez que se van a ingresar más residuos se liberen gases de combustión que se pueden posar sobre la puerta de alimentación [22].

El horno rotativo tendrá una capacidad de 300 kg/h. que contará con una planta de limpieza y filtración de gases de combustión.

Esta unidad maneja una energía promedio de 15000 kJ para procesar 1 kg de residuos, como tiene una capacidad de 300 kg entonces necesitara una energía

de 4500000 KJ para su operación, lo que equivale a aproximadamente 1.25 MWh [23].

Para realizar el proceso de incineración, en primera instancia los residuos pasan por una sección de la cámara de combustión que se encarga de secar un poco los residuos y reducir su contenido de agua o su porcentaje de humedad, en la segunda sección de la cámara de combustión empieza a ingresar aire, lo que permite que se oxide el combustible fósil necesario para la operación de la unidad de incineración estacionaria que en este caso es diésel y comience la combustión a una temperatura aproximadamente de 850°C, en la tercera y última sección los residuos pasan a la cámara de post-combustión, aquí se queman o procesan completamente los residuos, para ello tiene lugar un aumento de la temperatura hasta aproximadamente 1200°C durante un tiempo mayor a 2 segundos para eliminar compuestos como las dioxinas, furanos y otras sustancias tóxicas, dañinas y cancerígenas para el ser humano, luego de esto, se separa la ceniza del proceso, se aprovecha de manera fisicoquímica y se deposita en un contenedor para que pueda ser utilizada como materia prima en otros procesos productivos [23].

Al final de la segunda cámara de combustión, se encuentra un sensor el cual mide la cantidad de oxígeno de la primera sección, si el contenido de oxígeno es menor al 5% del volumen entonces se permite el ingreso de oxígeno nuevamente para lograr una combustión completa y así evitar la generación de carbono no quemado [23].

Una vez haya terminado el proceso de incineración de los residuos, se procede a tratar químicamente los gases producidos en la combustión, para ello se deben enfriar estos gases de combustión desde una temperatura de 1200°C a 250°C aproximadamente, una vez los gases hayan llegado a la temperatura de 600°C se agrega hidróxido de sodio para reducir drásticamente el contenido de dióxido de azufre (SO₂), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF), por otra parte, también se adiciona a los gases de combustión carbón activado, para reducir el posible contenido de materiales pesados, los aditivos anteriormente mencionados se deben añadir en un rango de temperatura entre 150°C hasta

300°C, finalmente los gases adquieren una temperatura de aproximadamente 250°C. Una vez estén procesados químicamente, pasan por una unidad de filtro para garantizar unos gases considerablemente limpios en el momento de ser liberados al medio ambiente. El sistema de refrigeración se ubica entre el incinerador y el equipo de filtración [23].

La segunda sección o segunda cámara de combustión está hecha de placas de acero de 8 mm, la segunda y tercera sección están fabricadas con material refractario el cual permite conservar el calor al interior, sin perderse por intercambio térmico con el ambiente, este material refractario al permitir una pérdida insignificante de calor hace reducir la cantidad de combustible para poner en marcha la unidad de incineración estacionaria, debido al peso la segunda cámara de combustión, esta se soporta sobre una estructura de acero, que se puede ver en la siguiente tabla [23]:

Tabla 1. Detalles técnicos del horno incinerador.

DETALLES TÉCNICOS	PROCESO DEL HORNO
Capacidades	De 300 a 500 kg/hora
Temperaturas	Cámara de combustión principal 850 °C hasta 950°C – Cámara de post-combustión 1100°C hasta 1200°C
Extracción de ceniza	Automático
Sistema de control	Automático por siemens – SPS
Tubo de gases de refrigeración	Sistema de refrigeración de gases amigable con el medio ambiente
Tubo de gases de limpieza	Sistema resistente a altas temperaturas, incluido sistema de dosificación aditiva y velas de filtro de cerámica
Apilar	12,5 m + X del suelo (dependiendo del tamaño del incinerador)
Detalles	Diagrama de flujo de proceso
Sistema de recuperación de calor	Opción de sistema de caldera

Continuación tabla 1.

Volumen de flujo de gas (300/400/500 kg/h)	Hasta 2.900/3.860/4.830(Nm ³)/h
Vapor	Hasta 33 bares a 350 ° C sobrecalentado
Flujo de vapor (300/400/500 kg/h)	Hasta 1.2/1.6/2.1 t/h

Fuente: Zanni Technologies [23].

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa en ASERHI S.A.S E.S.P., fundada el 22 de septiembre de 2004, tiene como actividad económica el manejo de los residuos sólidos y líquidos peligrosos los cuales deben someterse a un proceso especial para su manejo, actividad que se ha venido desarrollando por un periodo de más de 12 años.

Se encuentra ubicada en el parque industrial de la ciudad de Popayán, en esta localización se realizan las actividades de recepción, clasificación, almacenamiento e incineración de los residuos sólidos y líquidos de la ciudad de Popayán y algunos municipios aledaños. La ubicación de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P. en el parque industrial es apropiada en función de la actividad la cual se desarrolla, esta colinda con otras empresas dentro del parque industrial las cuales son industrias como cementeras, almacenamiento de gas, metalúrgicas entre otras.

La empresa tiene un área superficial de 2790 m², los cuales están distribuidas de manera estratégicas en las siguientes áreas:

- Incineración
- Cuarto frio
- Almacenamiento insumos químicos
- Cuarto de herramientas
- Equipo de monitoreo
- Zona de compresores

- Zona de lavado de vehículos
- Desinfección y lavado
- Oficinas y baños
- Zona de acceso de vehículos
- Enfriamiento de cenizas
- Zona verde
- Almacenamiento de cenizas
- Almacenamiento de lámparas y luminarias
- Almacenamiento de residuos químicos
- Control
- PTAR
- Tanque de gas propano

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada en las instalaciones del parque industrial, para aguas residuales industriales y domésticas. La PTAR para aguas industriales cuenta con un sistema que se compone de una trampa de grasas y de un sedimentador primario, en cuanto a las aguas domésticas, se cuenta con un sistema que consta de trampas de grasa, tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), la descarga de los dos sistemas anteriormente mencionados se hace al alcantarillado del parque industrial, el cual desemboca en el río blanco.

Actualmente ASERHI S.A.S. E.S.P. cuenta con clientes en gran parte del suroccidente colombiano en los departamentos de Cauca, Valle del Cauca, Nariño y Putumayo. Los residuos sólidos y líquidos provienen de:

- Almacenes agropecuarios, ganaderos, agrícolas, agroganaderos y granjas.
- Ancianatos y centros radiológicos
- Centros de estética, spa, centros de fisioterapia, centros de rehabilitación, sanatorios mentales y fundaciones.
- Centros de medicina bioenergética, centros y tiendas naturistas.

- Centros de salud, IPS, consultorios médicos, bancos de sangre, clínicas y hospitales.
- Centros, almacenes, consultorios y clínicas veterinarias.
- Peluquerías
- Funerarias y salas de velación
- Estaciones de servicio, centro de lubricación y cambio de aceite, talleres automotrices.
- Constructoras

El 90% de los clientes que maneja la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. producen tipos de residuos como:

- Biosanitarios
- Cortopunzantes
- Fármacos
- Industriales
- Citotóxicos
- Anatomopatológicos

Durante el proceso de incineración, se generan subproductos como las cenizas, sales secas del reactor y polvillo del filtro de mangas, la empresa esta aprovechando estos subproductos para usarlos como materia prima en otros procesos productivos, así:

- * Utilizar la ceniza como materia prima de materiales para la construcción.
- * Producción de energía eléctrica para los procesos de la planta mediante la recuperación del calor de las cámaras.
- * Producción de yeso a partir de las sales secas del reactor.

2.3.1. CUMPLIMIENTO LEGAL

La empresa ASERHI S.A.S E.S.P cuenta con 4 (cuatro) Permisos importantes, además de la licencia ambiental la cual es necesaria para la puesta en marcha del horno incinerador, estas se describen a continuación:

- **Permiso de emisiones**

Otorgado en el año 2015, para llevar a cabo el control de las emisiones, se cuenta con un monitoreo diario de las emisiones.

- **Permiso de concesión de aguas subterráneas**

Otorgado año 2011 por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), establece que la empresa puede perforar y adquirir diariamente 0.1 L/s de agua, este permiso tiene una vigencia de 10 años.

- **Permiso de vertimientos**

Otorgado en el año 2013 por un periodo de 5 años.

Debido a los permisos otorgados mencionados anteriormente, la empresa cumple con las obligaciones estipuladas en la licencia ambiental otorgada mediante resolución 0474 de 2009 dada por la Corporación Autónoma Regional del Cauca.

- **Licencia ambiental 0474 de 2009 emitida por la CRC**

La empresa ASERHI SAS ESP cuenta con licencia ambiental bajo la resolución No 0474 de 2009 emitida por la Corporación Autónoma Regional del Cauca, en la cual se encuentran licenciados los procesos de recolección, transporte, tratamiento y disposición final. En la tabla 2 se puede observar los tipos de desechos para los cuales la empresa tiene permiso de tratar y su procedencia.

Tabla 2. Residuos autorizados a manejo por incineración en la planta.

DESCRIPCIÓN	DESECHOS TÍPICOS	EMPRESAS TIPO
Residuos Hospitalarios y Similares	Biosanitarios, químicos, citotóxicos, anatomopatológicos, cortopunzantes y de animales	Hospitales, clínicas, laboratorios clínicos, laboratorios odontológicos
Industrias alimenticias Almacenes de cadena	Productos y/o materias primas vencidas, aromas, etc.	Almacenes de cadena y empresas agroindustriales

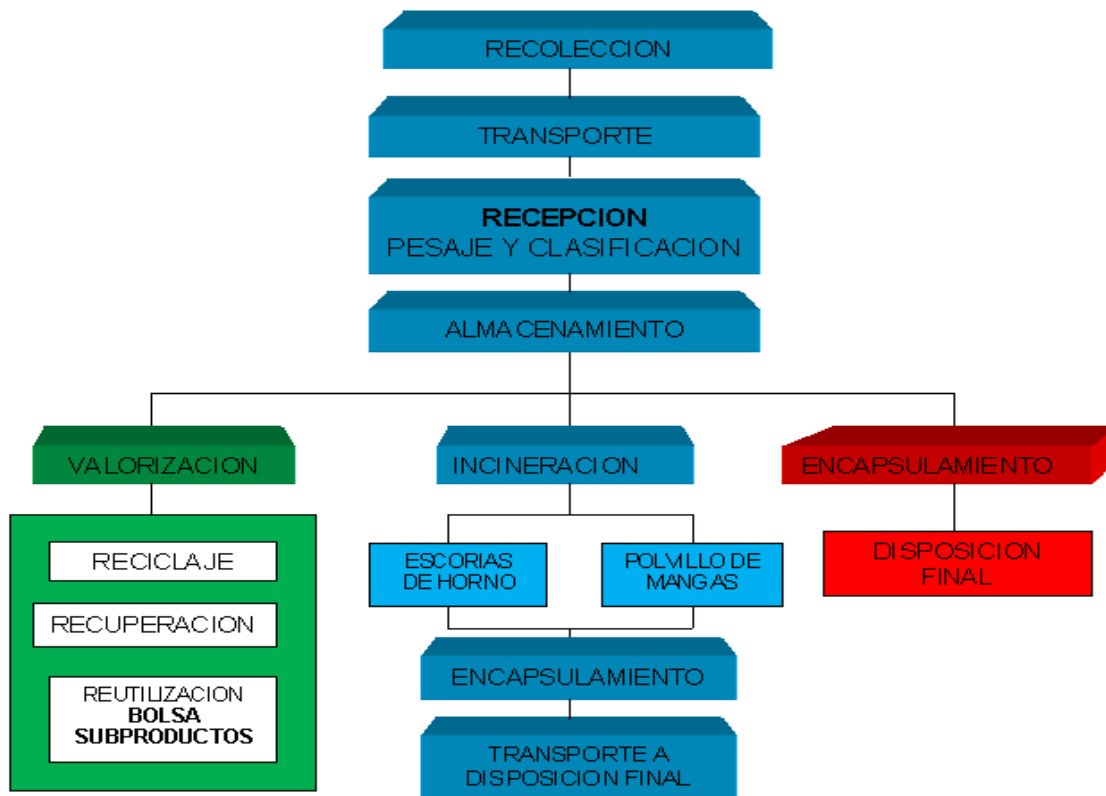
Continuación Tabla 2.

Textiles	Desechos de tinte, aceites residuales no emulsionados, solventes no halogenados	Empresas de textiles
Farmacéuticos	Fenoles, resinas, solventes productos vencidos, materias primas, etc.	Industrias farmacéuticas
Artículos de limpieza y aseo	Betunes, desinfectantes, ceras, hidrocarburos, fenoles, materia prima, productos rechazados por calidad	Industrias de productos de limpieza y aseo
Termoeléctricas y/o electrificadoras	Aceites, waipes, etc.	Generadoras de energía térmica
Industrias papeleras	Residuos de tintas	Productoras de papel
Tabacaleras	Cigarrillos de mala calidad	Empresas tabacaleras
Industrias de pinturas	Lodos de pintura, tintes artificiales, etc.	Industrias de productos químicos
Otros	Artículos decomisados	Autoridades sanitarias, policivas y de control aduanero

Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

A continuación en la figura 2 se presenta un diagrama con los procesos a los que actualmente son sometidos los residuos peligrosos en la empresa, desde su recolección hasta su disposición final.

Figura 2. Procesos desarrollados por ASERHI S.A.S E.S.P.



Fuente: ASERHI S.A.S E.S.P

2.3.2. ACTIVIDAD DE LA PLANTA

La actividad principal y económica de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P. es la gestión externa de los residuos peligrosos sólidos y líquidos. En primera instancia, la empresa se encarga de recolectar los residuos, posteriormente son trasladados a las instalaciones ubicadas en el parque industrial, en el momento en que llegan a las instalaciones se procede a pesar y clasificarlos para elegir a que proceso de manejo serán sometidos. Algunos residuos no pueden ser aprovechados y tampoco incinerados porque son altamente tóxicos como:

- Metales pesados
- Compuestos halogenados (Flúor o cloro).

Estos se encapsulan para su envío a disposición final o se les hace aprovechamiento fisicoquímico, algunos de los materiales que se utilizan para el encapsulamiento son el vidrio, el metal, el concreto o el plástico.

Para la recolección, ASERHI S.A.S E.S.P. posee seis vehículos especializados, cada uno cuenta con su conductor y un auxiliar de ruta, el cual debe tener el conocimiento y la práctica necesaria para poder manipular los diferentes tipos de residuos ya mencionados. Estos vehículos cuentan con equipo apropiado en caso de una emergencia como por ejemplo botiquín, bolsas plásticas, canecas, palas, trapos, material absorbente y desinfectante, tienen también elementos como extinguidores, señales preventivas y equipo de seguridad personal. Los operarios a cargo del vehículo que son el auxiliar de ruta y el conductor, cuentan con unos elementos de protección personal para reducir el riesgo de algún accidente, estos son elementos como:

- Monogafas de seguridad
- Respirador de filtros
- Tapabocas
- Cofia o gorro desplegable o moja en tela
- Delantal negro impermeable largo
- Zapatos con puntera
- Chaquetón manga larga
- Camisa manga larga
- Guantes de látex
- Gafas oscuras para transporte

Estos elementos anteriormente mencionados deben estar disponibles en el vehículo en caso de ser requeridos.

La empresa posee un plan de emergencia para controlar en preparación y respuesta cualquier emergencia con residuos que se pueda presentar. En el caso de la desinfección del vehículo se deben seguir dos protocolos, uno para el lavado interno del vehículo que lo hace el auxiliar de ruta y otro para el lavado externo que lo hace el conductor.

2.4. BASES LEGALES

NORMATIVIDAD COLOMBIANA CON RESPECTO A LOS RESIDUOS SÓLIDOS [24].

- **Decreto 2041 de 2014:** Por el cual se impone la obligación de tener licencia ambiental para realizar obras o proyectos los cuales puedan provocar un daño en el medio ambiente, desgaste de recursos naturales y/o deterioro del paisaje. Debido a esto se deben tomar medidas de corrección, las cuales están orientadas a recuperar las condiciones del medio ambiente que es afectado por la ejecución del proyecto, también medidas preventivas como la elaboración de un plan de manejo ambiental, que está dirigido a corregir y prevenir los efectos negativos que se desencadenen por la realización del proyecto [25].
- **Decreto 2811/1974:** Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y protección al Medio Ambiente. En él se estipula que: “Se deben utilizar los mejores métodos de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la gestión integral”; igualmente contempla que: “Se fomentara la investigación para desarrollar métodos que reintegren al proceso natural los residuos sólidos, líquidos y gaseosos y para perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para su tratamiento y recolección”; prohíbe las descargas de residuos sólidos que causen daños a suelos y/o núcleos humanos [24].
- **Ley 99 de 1993:** Globalmente abarca el tema de manejo de residuos sólidos regulando las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente, con el fin de mitigar e impedir el impacto de actividades contaminantes al entorno natural [24].
- **Normas técnica GTC. 24/1996:** Sobre la Guía técnica Colombiana Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Da lineamientos sobre la separación en la fuente y el Código de Colores para residuos reciclables y no reciclables [24].

- **Resolución 1096/2000. Reglamento Interno del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico –RAS-2000:** En el sector de aseo, presenta los principios fundamentales y criterios operacionales que deben seguirse para realizar una adecuada gestión de residuos sólidos y peligrosos en todos sus componentes, con miras a la minimización de riesgos a la salud y el medio ambiente durante dicha gestión. Incluye también directrices y criterios sobre la gestión de residuos hospitalarios, con características infecciosas y peligrosas. Da directrices para la gestión de residuos sólidos, como la reducción en la fuente, la reutilización, el reciclaje y el tratamiento o la disposición final y aporta los principios y criterios operacionales de gestión aplicables a los generadores y receptores de residuos peligrosos [24].
- **Decretos 2676/2000:** Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Contiene: Principios en el manejo de los residuos hospitalarios y similares: bioseguridad, gestión integral, minimización, cultura de la no basura, precaución y prevención; clasifica y define los residuos sólidos hospitalarios y disposiciones para el diseño e implementación de los Planes de Gestión Integral de Residuos Hospitalarios (PGIRH) [24].
- **Ley 715 de 2001:** Los artículos 3 y 76 establecen la “participación de propósito general” que incluyen los recursos para agua potable y saneamiento básico, entre otros para promover y financiar y cofinanciar proyectos de descontaminación de corrientes afectadas por vertimientos, así como programas de disposición, eliminación y reciclaje de residuos líquidos y sólidos [24].
- **Resolución 1045/2003:** Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones [24].
- **Decretos 4741/2005:** Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos los desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Tiene por objeto prevenir la generación

de residuos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos generados con el fin de proteger la salud humana y el ambiente [24].

- **Resolución 0886 de 2004:** La cual establece la normatividad acerca de los hornos incineradores y crematorios, la naturaleza de cada tipo de emisión y los límites máximos de emisiones que se permiten de emisiones de estos hornos. En esta resolución aclara los tipos de residuos que se pueden someter a incineración o mezcla de estos y la frecuencia con que se debe reportar la cantidad de residuos incinerados, además se decreta el protocolo de control de cenizas en la cámara de combustión así como la normatividad para la operación y el mantenimiento de las plantas de incineración [26].
- **Resolución 909 de 2008:** En esta resolución se establecen los estándares para la cantidad y calidad de emisiones que pueden ser permitidas las cuales sean perjudiciales para la atmosfera debido a fuentes fijas, aquí indican los métodos de regulaciones de carácter general para controlar y disminuir las emisiones nocivas para el medio ambiente, también reglamenta el manejo que se le debe dar a las cenizas o subproductos derivados del proceso de incineración [4].
- **Resolución 0760 de 2010:** Por medio de la cual se establece el protocolo para el control y la vigilancia de la contaminación atmosférica generada por las fuentes fijas [27].
- **Decreto 351 de 2014:** Por medio de este decreto se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades como separación, empaque, recolección, transporte, almacenamiento, aprovechamiento, entre otros. Este decreto aplica para personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, también establece la normatividad que debe seguir la persona que genera este tipo de residuos, la que los transporta, el gestor o receptor de estos residuos así como también las obligaciones de las autoridades del sector de salud que rigen este decreto. Para la parte de la disposición final, decreta el manejo especial a la cual se deben someter los residuos con riesgo biológico o peligroso, los residuos radiactivos y cualquier tipo de desecho que pueda

considerarse peligroso, aquí se establece el régimen sancionatorio a quienes hagan caso omiso a este decreto [28].

- **Resolución 0631 de 2015:** La cual establece los valores máximos que son permitidos para que los vertimientos puntuales descarguen en las aguas superficiales y los sistemas de alcantarillado, aquí también se establecen los parámetros los cuales permiten analizar y reportar las actividades industriales, comerciales o de servicios y cerciorarse de que cumplen con los valores dentro del límite permitido. Esta resolución hace aclaración de manera puntual a la normatividad de vertimientos cuando la captación y descarga provienen de un mismo cuerpo de agua, así como también los vertimientos que contengan sustancias radiactivas o radioisótopos, manifiesta el control de la temperatura y la zona de mezcla térmica de los vertimientos. En esta resolución establece los análisis microbiológicos que se deben realizar para el cumplimiento de la misma, además de los elementos activos que se le pueden agregar a los vertimientos para disminuir el impacto negativo al medio ambiente [29].

CAPITULO III: METODOLOGÍA

Fue necesario modificar el estudio de impacto ambiental que tenía la empresa, ya que se consideraba únicamente los efectos que generaba un solo horno incinerador y la instalación de un segundo horno podría tener como consecuencia el aumento de los efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública.

En el momento de iniciar el ajuste, se identificaron algunos aspectos que eran importantes analizarlos y los pasos que se iban a seguir para la eficiente modificación del plan de manejo ambiental. Las cuales fueron desarrolladas en tres etapas que se describen a continuación:

3.1. ETAPA I: DIAGNOSTICO

En esta etapa se analizó toda la información que se pudo adquirir acerca del proceso de incineración en el actual horno ya sea la entregada por la empresa o consultando otras fuentes, esto se complementó con observación y seguimiento del proceso y con base en lo anterior se identificaron las actividades que podrían causar aspectos e impactos para el medio ambiente o la salud pública una vez se instale el segundo horno incinerador de mayor capacidad. Cuando se utilizó la metodología propuesta por Vicente Conesa se determinaron los impactos que causan cada actividad analizada y se cuantificaron para determinar los más significativos y de esta manera enfocarse en contrarrestarlos con la modificación del plan de manejo ambiental vigente.

3.1.1. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

En primera instancia se recolecto toda la información posible que permitió conocer mejor lo que comprende el proceso de incineración, para llevar a cabo esto se revisaron los documentos existentes en la empresa y se realizaron entrevistas al personal.

Se conoció detalladamente cada paso por el que pasan los residuos a incinerar, desde su recolección hasta su disposición final, se censo variables como la

cantidad de material a incinerar, frecuencia, las temperaturas que se manejaron, entre otras, con esto se busco saber cada cambio físico y químico que sufren los residuos peligrosos y conocer los productos que se generan y como afectan al interactuar con el medio ambiente y la población, Posteriormente se estudiaron las emisiones resultantes de la fase de incineración, para comprobar que estas emisiones estaban dentro de los limites permisibles. Se recolecto también la información de los productos resultantes como las cenizas para ser analizadas, todo lo anterior se obtuvo de la observación y experimentación dentro de la empresa.

3.1.2. IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES

A partir de analizar la información recolectada y estudiar el plan de manejo ambiental vigente, se identificaron los aspectos ambientales que podrían causar un posible impacto ambiental negativo o deterioro de la salud pública, además de tener en consideración en el estudio las consecuencias de la instalación del segundo horno en el personal de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P.

Algunos aspectos que se identificaron fueron la generación de residuos peligrosos, material particulado, cenizas, emisión de gases, agotamiento de recursos naturales entre otros que se muestran en la matriz de impacto ambiental.

3.1.3. EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Para evaluar los impactos ambientales es necesario analizar y comprobar la información que fue recolectada previamente, por ello se corrobore mediante una lista de chequeo que factores están presentes en el proceso de incineración que influyen en el impacto al medio ambiente y de esta manera tener en cuenta los factores a atender en el estudio, esta herramienta se eligió ya que se tenía la facilidad de llevar a cabo esta lista de chequeo mientras se comprobaba de mediante la observación del proceso cada ítem en ella.

Mediante una matriz de evaluación de impacto ambiental se analizó los aspectos ambientales identificados y su dependencia, con el fin de reconocer los de mayor impacto ambiental.

La metodología empleada para la elaboración de la matriz, fue la propuesta por el ingeniero español Vicente Conesa en el año 1997, la cual establece once parámetros, a partir de ellos se puede determinar por medio de la ecuación propuesta, un resultado numérico que permite cuantificar que tan perjudicial puede ser una actividad [15].

- **ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El método de Vicente Conesa permite identificar las consecuencias sobre el medio ambiente que tiene la ejecución de un proyecto, en este caso la instalación a futuro de un nuevo horno incinerador de mayor capacidad para adoptar medidas correctivas y/o preventivas y revertir un poco el potencial impacto negativo que implique la instalación del nuevo horno.

Los once parámetros propuesto por Vicente Conesa se explican a continuación:

Naturaleza (NAT): Se refiere a si el orden del impacto generado es de carácter positivo o negativo.

Intensidad (I): Representa la incidencia de la acción causal sobre el factor impactado en el área en la que se produce el efecto.

Extensión (EX): Se refiere al área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto.

Momento (MO): El plazo de manifestación del impacto se refiere al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el medio considerado.

Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que, supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctivas.

Reversibilidad (RV): Se refiere a la posibilidad de construcción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones originales anteriores a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio.

Recuperabilidad (MC): Se refiere a la posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación, por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctivas).

Sinergia (SI): Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.

Acumulación (AC): Este atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.

Efecto (EF): Este atributo se refiere a la relación causa-efecto, o sea a la forma de manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.

Periodicidad (PR): La periodicidad se refiere a la regularidad de la manifestación del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo).

Anteriormente se definieron once (11) parámetros, de los cuales diez (10) son de carácter cuantitativo y el parámetro de la naturaleza toma un valor cualitativo. En la tabla 3 a continuación se definen los valores posibles para cada parámetro:

Tabla 3. Rangos para el cálculo de la importancia ambiental.

CRITERIO	CALIFICACIÓN	CRITERIO	CALIFICACIÓN
NATURALEZA Impacto positivo Impacto negativo	+ -	INTENSIDAD (IN)	- Baja = 1 - Media = 2 - Alta = 4 - Muy alta = 8 - Total = 12
EXTENSIÓN (EX)	- Puntual = 1 - Parcial = 2 - Extensa = 4 - Total = 8 - Critica = (+4)	MOMENTO (MO)	-Largo plazo = 1 -Mediano plazo = 2 -Inmediato = 4 -Critico = (+4)
PERSISTENCIA (PE)	- Fugaz = 1 - Temporal = 2 - Permanente = 4	REVERSIBILIDAD (RV)	-Corto plazo = 1 -Mediano plazo = 2 -Irreversible = 4
SINERGIA (SI)	- Sin sinergismo = 1 - Sinérgico = 2 - Muy sinérgico = 4	ACUMULACIÓN (AC)	-Simple = 1 -Acumulativo = 4
EFEECTO (EF)	- Indirecto (secundario) = 1 - Directo = 4	PERIODICIDAD (PR)	-Irregular o aperiódico o discontinuo = 1 -Periódico = 2 -Continuo = 4
RECUPERABILIDAD (MC)	-Recuperable inmediato = 1 -Recuperable a medio plazo = 2 -Mitigable o compensable = 4 -Irrecuperable = 8		

Fuente: Vicente Conesa [15].

A partir de los anteriores valores, se puede determinar el grado de importancia con el que impacta en el medio ambiente mediante la siguiente ecuación:

- **Importancia (I):**

$$I = (3IN+2Ex+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

IN: Intensidad

EX: Extensión

MO: Momento

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

SI: Sinergia

AC: Acumulación

EF: Efecto

PR: Periodicidad

MC: Recuperabilidad

Para los diferentes valores posibles de importancia se definen rangos para definir el impacto, así para cada rango se tiene:

- Inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles con el ambiente
- Entre 25 y 50 son impactos moderados
- Entre 50 y 75 son impactos severos
- Superiores a 75 son críticos

A partir de los resultados que se obtengan para cada actividad propuesta se determina que tan perjudicial resulta para el medio ambiente.

3.2. ETAPA II: AJUSTAR EL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL VIGENTE

Se procedió a ajustar el plan de manejo ambiental del antiguo horno incinerador, teniendo en cuenta las consecuencias de los aspectos importantes previamente identificados e impactos ambientales que produciría la instalación del segundo horno a futuro, a partir de lo anterior se plantearon nuevos controles ambientales que garantizaran la eficiencia con respecto al manejo ambiental del nuevo horno incinerador.

3.3. ETAPA III: GENERAR LAS MEDIDAS DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS PLANES DE MANEJO AMBIENTAL

Para garantizar esa reducción de los impactos perjudiciales, se plantearon medidas de monitoreo, seguimiento y control las cuales van a garantizar la verificación del óptimo funcionamiento del segundo horno incinerador desde el punto de vista de la normatividad ambiental.

Con los reportes de toda la información compilada en este proceso se utilizó la metodología general para la presentación de estudios ambientales, propuesta por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial [14].

CAPITULO IV: RESULTADOS

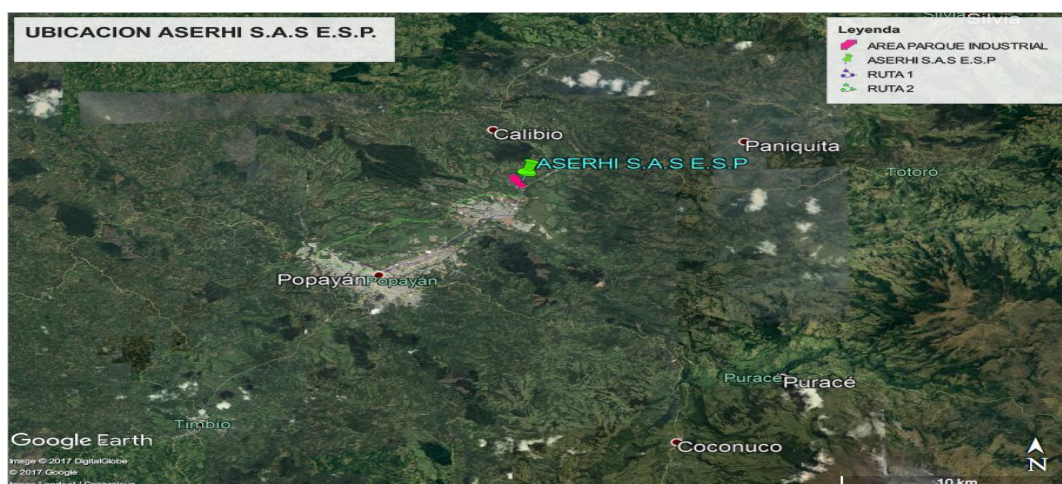
4.1. DIAGNOSTICO

Para la presentación de resultados y el adecuado ajuste del plan de manejo ambiental, es necesario conocer el entorno de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P y algunos factores que afectan a la empresa como el clima, ubicación, geología, geomorfología y zonificación ambiental, por eso a partir de la información recolectada descrita en la primera etapa de la metodología se explican estos ítems, posteriormente, se presenta la matriz de impacto ambiental en la cual se diagnostican las actividades que producen los impactos negativos más severos, a partir de esto se procede a realizar la adaptación del plan de manejo ambiental vigente describiendo el plan de monitoreo, seguimiento y control teniendo en cuenta la instalación a futuro del nuevo horno incinerador de mayor capacidad.

4.1.1. UBICACIÓN

ASHERI S.A.S E.S.P está ubicada al norte de la ciudad de Popayán en un área rural, sobre la vía hacia Cali, esta empresa se encuentra dentro del parque industrial en la manzana F, lote 15. A continuación en la figura se puede ver la ubicación del parque industrial donde se sitúa la empresa con referencia a la ciudad de Popayán.

Mapa 1. Ubicación del parque industrial.



Fuente: Google Earth [30].

4.1.2. GEOLOGÍA

Los suelos donde se ubica la empresa ASERHI S.A.S E.S.P, están en la categoría de suelos no aptos para el uso urbano. La información geológica del municipio de Popayán se obtuvo a partir de la zonificación de tierras para el departamento del Cauca realizados por el instituto geográfico Agustín Codazzi, de donde se obtuvieron mapas en escalas de 1:100000 y 1:400000 [13].

La geología de la región debido a la ubicación entre la cordillera central y occidental es una zona volcánica donde predominan las rocas metamórficas del complejo anarquía y era paleozoica, localizadas desde el casco urbano de Popayán hasta el municipio de Toribio al norte del Cauca. Por la parte de la cordillera occidental sobre el altiplano de Popayán se puede encontrar rocas sedimentarias de la era cenozoica, en las partes más bajas del flanco este de esta cordillera se pueden encontrar limonitas fosilíferas, en una parte media se encuentran areniscas y en la parte superior ya tienen lugar las piedras volcánicas como basaltos, además se puede encontrar estructuras como sinclinales y anticlinales con una dirección NE–SW debido a los efectos tectónicos de la dinámica terrestre, por su parte la cordillera central aporta en su mayoría rocas sedimentarias también, debido a su carácter cuarzoso [31].

4.1.3. GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Popayán se encuentra ubicado sobre una meseta intermontaña elevada ubicada entre la cordillera occidental y central, la cantidad de paisaje de altiplanicie corresponde al 5.3 % con respecto a la superficie del departamento del Cauca. En este tipo de relieve se puede encontrar relieves planos o suavemente ondulados y colinados, la cantidad de colinas corresponden al 73%, mesas o mesetas corresponden al 7% y los cañones o cañadas corresponden al 20%, estos valores se toman con referencia al paisaje total del departamento del Cauca [13]. En los cañones o cañadas se presentan formas complejas e irregulares debido a la erosión, generalmente erosión hídrica en un grado de moderado a severo, en los cañones se pueden observar laderas rectilíneas y convexas y cimas redondeadas, en gran parte debido al deslizamiento de masas.

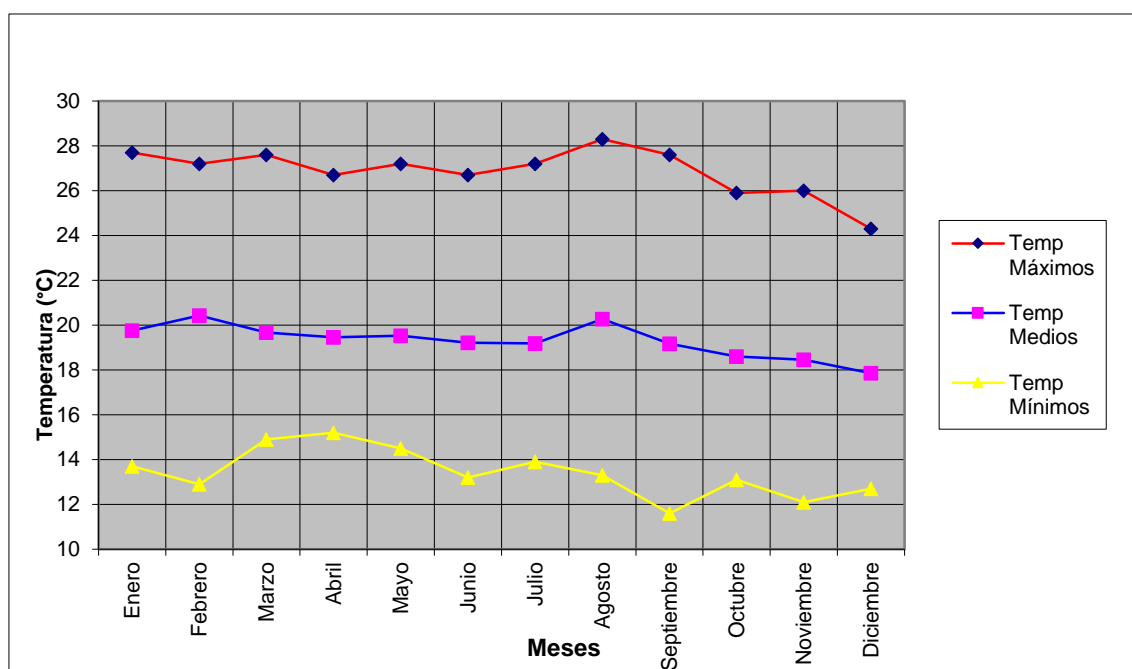
En el altiplano se desarrolla un paisaje lomerío que tiene lugar sobre rocas sedimentarias del terciario [31].

4.1.4. CLIMA

Los datos de temperatura tomados, fueron obtenidos de la estación climatológica de la Universidad del Cauca.

Temperatura: El municipio de Popayán se caracteriza por tener un clima templado y con diversidad de pisos térmico debido a que se ubica en la zona intertropical, aquí tienen lugar precipitaciones significativas, incluso en los meses más secos como marzo, abril, mayo y junio, en septiembre las lluvias aumentan paulatinamente y en octubre, noviembre y diciembre se presentan las mayores lluvias del año. De acuerdo a la clasificación del clima de Köppen-Geiger, Popayán tiene un clima Cfb, su temperatura promedio a lo largo del año es de aproximadamente 19°C, aunque en el año 2016 el valor máximo fue de 28.2°C. A continuación en la gráfica uno están las temperaturas del año 2016, mostrando las temperaturas promedio, el máximo promedio es de 28.2°C que se presentó debió al calentamiento global

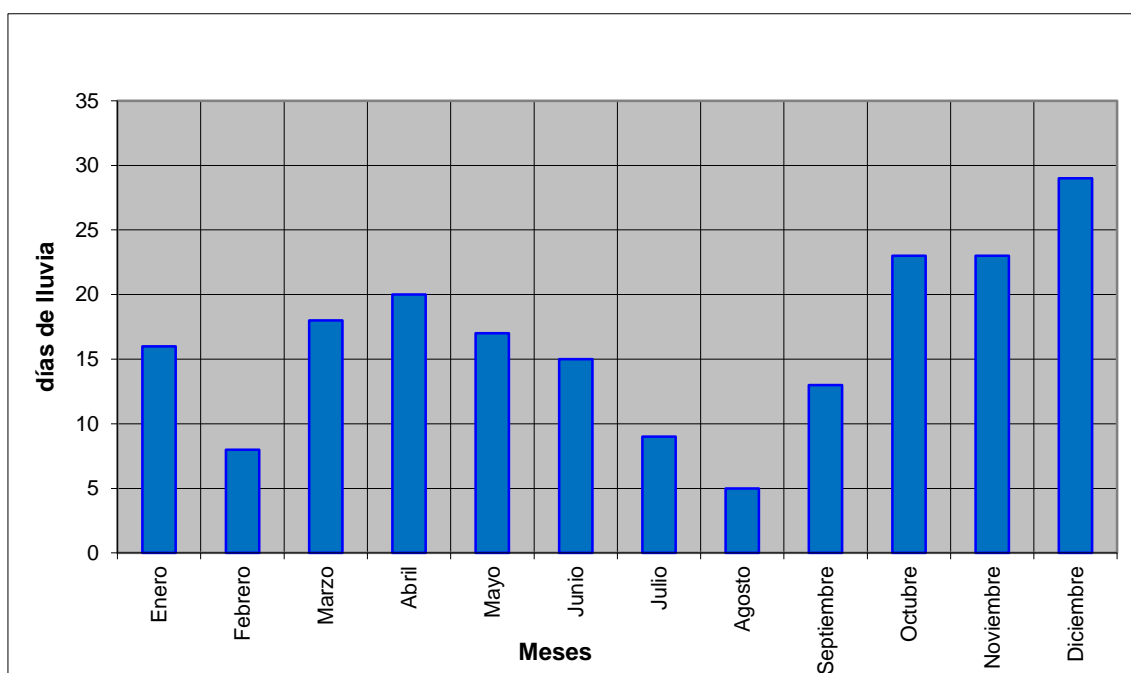
Grafica 1. Temperaturas en el municipio de Popayán. Popayán.



Fuente: Universidad del Cauca [32].

Precipitación: La cantidad de lluvia que tuvo lugar en el municipio de Popayán en el año 2016 se puede ver en la gráfica dos, donde se puede observar que en el mes de diciembre se tuvieron las mayores lluvias, por otra parte octubre y noviembre tuvieron una cantidad alta, enero, marzo, abril, mayo y junio se obtuvo una cantidad moderada, sabiendo que son meses de climas cálidos o calurosos. De acuerdo a la distribución espacial de las precipitaciones, en Popayán se puede encontrar un régimen muy húmedo.

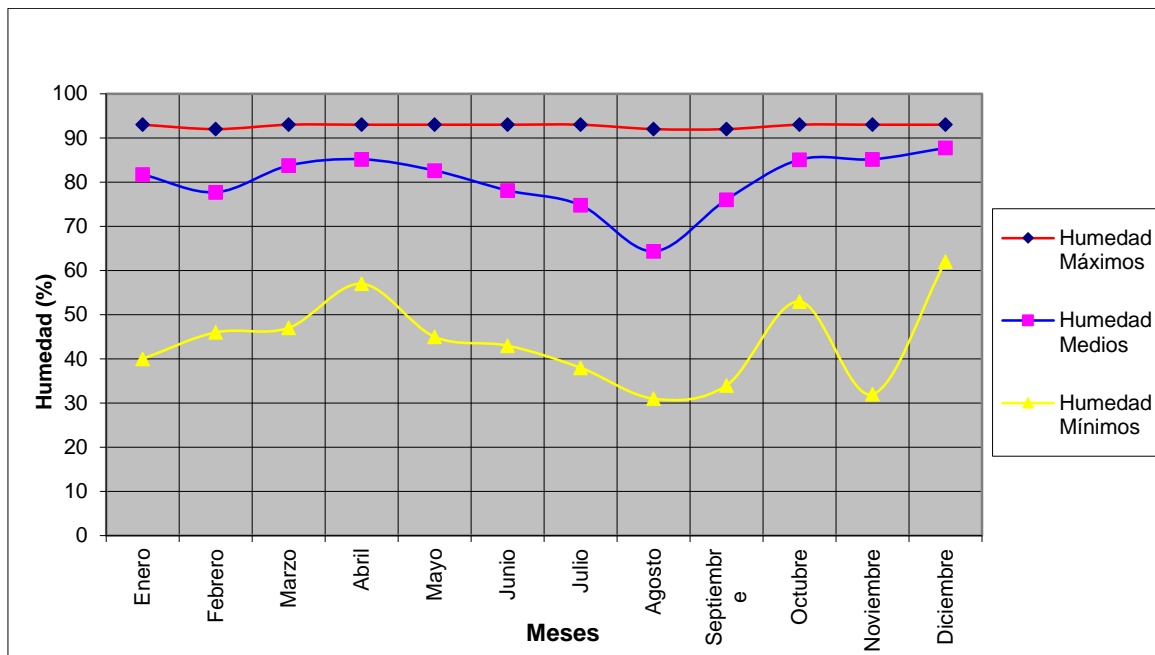
Grafica 2. Precipitación en el municipio de Popayán.



Fuente: Universidad del Cauca [32].

Humedad: La humedad relativa oscila entre valores de 92% a 93%, medios entre 64.35% a 87.73% y mínimos entre 31% a 62%. En la gráfica tres se puede observar los valores de humedad relativa en cada mes del año, donde se puede deducir implícitamente un clima en la región poco variable. En el valor máximo de humedad relativa se presentó en el mes de diciembre, donde tuvieron lugar las mayores precipitaciones y el más pequeño tuvo lugar en el mes de agosto, donde se presentó uno de los valor promedio de temperatura más alto.

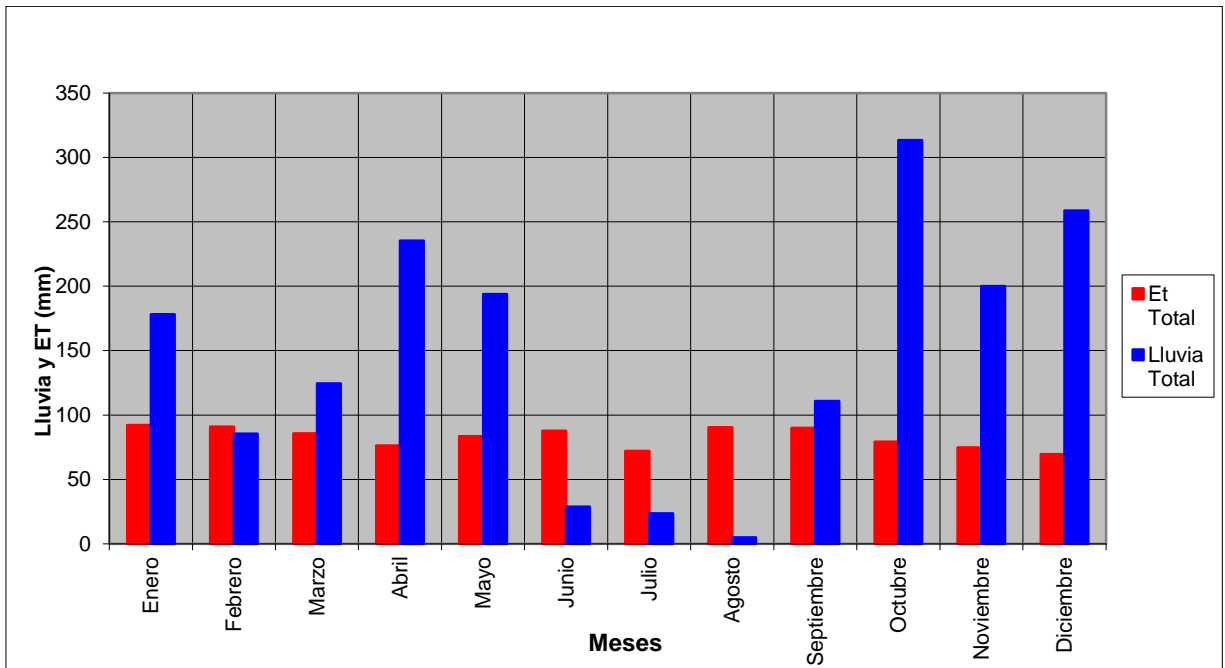
Grafica 3. Humedad en el municipio de Popayán.



Fuente: Universidad del Cauca [32].

Lluvia y evapotranspiración: Es la cantidad de humedad que se pierde de una superficie ya sea por evaporación directa o por la transpiración de la vegetación, esto sucede luego de que las moléculas de agua hayan adquirido una energía necesaria para vencer la tensión superficial y transformarse en vapor, así este fenómeno será función de la presión atmosférica. Es importante analizar este parámetro para que no haya escasez de agua en los suelos de la región, ya que si se presenta una evaporación alta en un mes, se presentará una carencia y por lo tanto tendrán lugar un deterioro del suelo, también puede presentarse el efecto contrario de poca evaporación y alta precipitación. A continuación en la gráfica cuatro se puede observar el valor máximo de lluvias y evaporación.

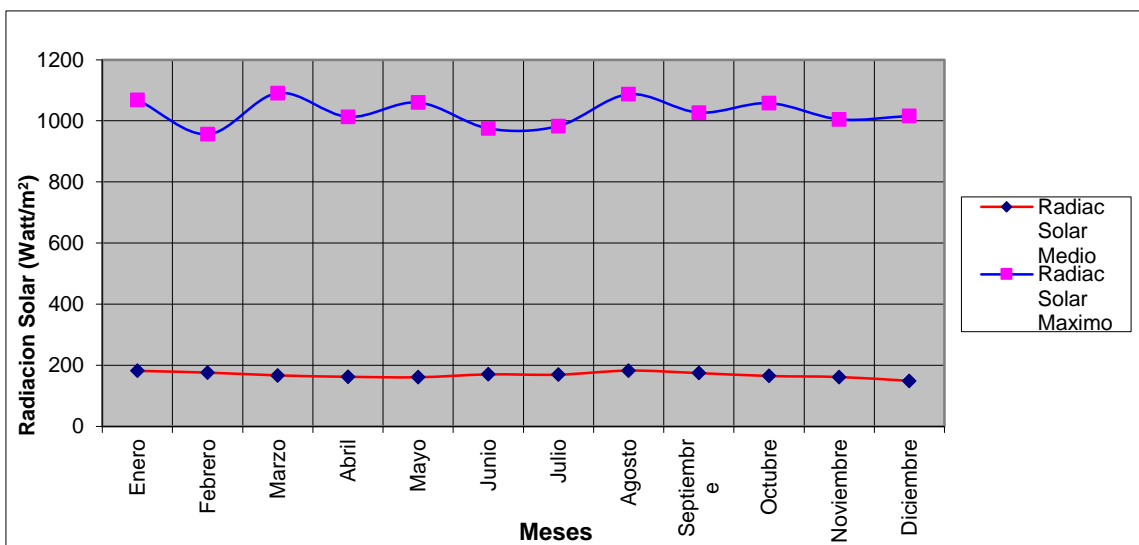
Grafica 4. Lluvia y evapotranspiración en el municipio de Popayán



Fuente: Universidad del Cauca [32].

Radiación solar: En el municipio de Popayán el sol brilla aproximadamente 4 horas diarias en los meses más lluviosos y en los meses más secos el brillo solar es de aproximadamente 6 horas por día. En la siguiente grafica cinco se pueden apreciar una mayor cantidad de brillo solar en el mes de marzo y agosto donde se presenta ausencia de precipitaciones.

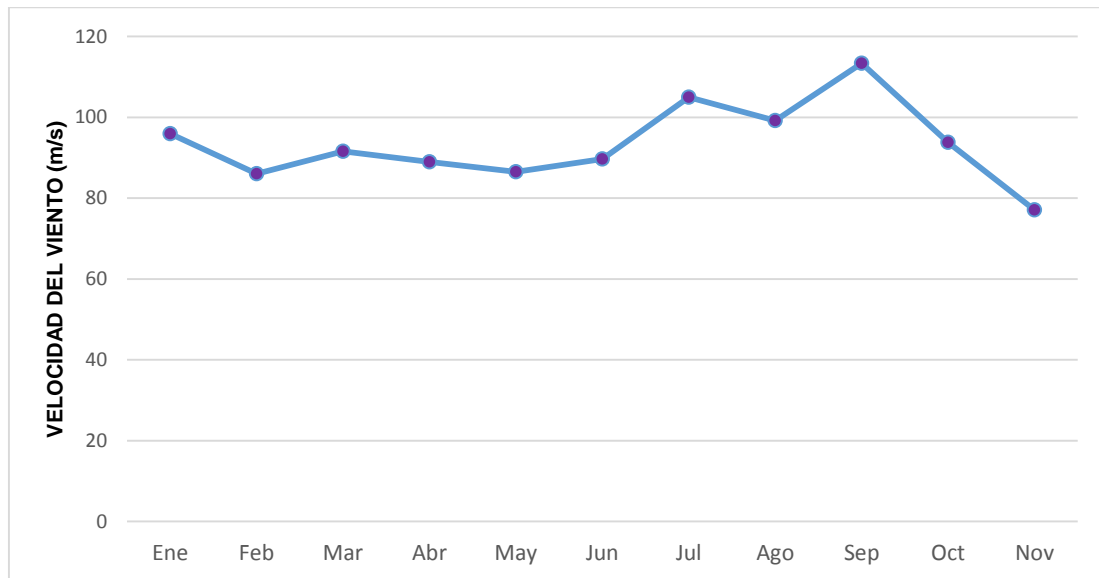
Grafica 5. Radiación solar en el municipio de Popayán.



Fuente: Universidad del Cauca [32].

Velocidad del viento: El viento desempeña un papel importante debido a las acciones de dispersión de contaminantes, desecación del suelo, también contribuye al cambio del paisaje debido a la erosión. El municipio de Popayán por el hecho de ubicarse entre dos cordilleras y el departamento del Cauca poseer costa, implica variaciones en la dirección y velocidad del viento además de cambios en el clima. Los datos que se van a presentar a continuación solo tienen importancia para el altiplano y la meseta de Popayán, los vientos dominantes provienen de la dirección sureste, y estos incluyen los alisios del noreste, de acuerdo a los valores que aporta la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia, la velocidad promedio oscila entre $0.7 \frac{m}{s}$ y $1.2 \frac{m}{s}$.

Grafica 6. Velocidad del viento en el municipio de Popayán.



Fuente: Universidad del Cauca [32].

4.1.5. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Existen factores importantes, riesgos que se puede presentar en el parque industrial, debido a varias causas como: deslizamientos, inundaciones y avalanchas.

Se debe conocer superficies restringidas con las cuales no se puede tener ninguna interacción ya que son áreas de recuperación ambiental debido a erosión o extensiones naturales en donde los ambientes originales no han sido

modificados significativamente por la actividad del ser humano y son protegidos debido a normas gubernamentales, de conflicto por al uso del suelo o también contaminadas, se pueden dar el caso de encontrar regiones de importancia cultural e histórica, zonas de carácter social como asentamientos humanos. Se pueden presentar también territorios de importancia económica, las cuales generan un ingreso significativo a la región como por ejemplo áreas de cultivos, ganadería, minería entre otros.

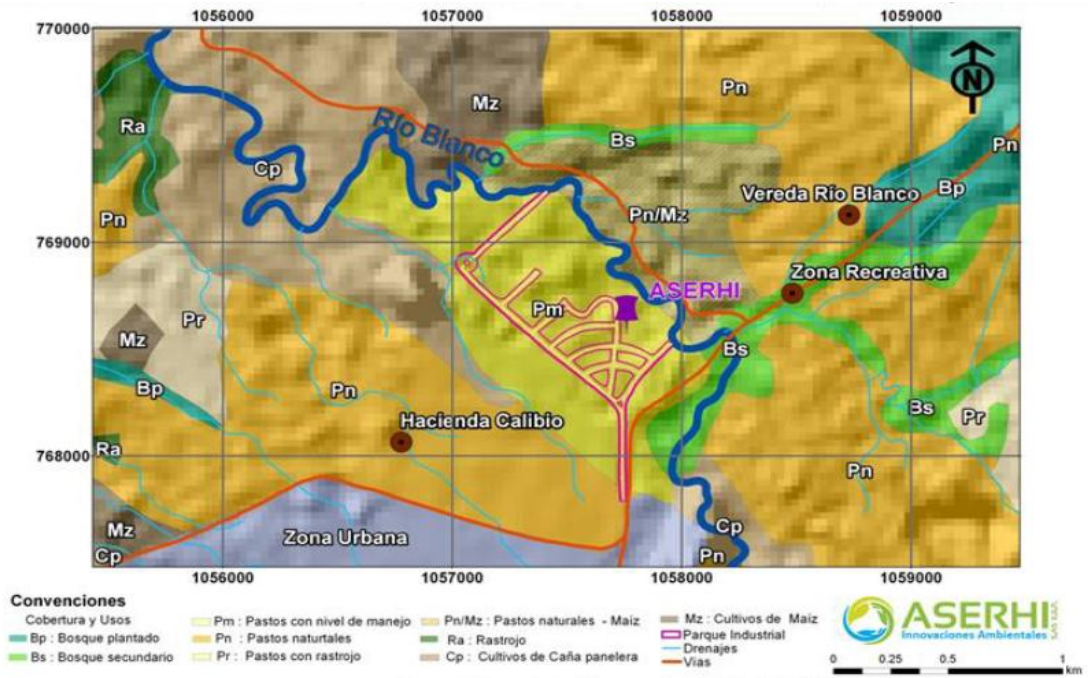
Para poder analizar y comprender mejor los aspectos mencionados anteriormente, es de gran utilidad realizar mapas temáticos, en donde se muestren detalladamente estos aspectos y así determinar el alcance y limitaciones del proyecto.

Los mapas de interés para la realización de este proyecto se tomaron a partir del plan de ordenamiento territorial (POT) de Popayán del año 2001, tomando como lugar a analizar el parque industrial y sus zonas circundantes como la vereda Rio Blanco que es la población más cercana al parque industrial la cual hace parte del corregimiento de Cajibío, es de destacar también que el vertimiento de agua residual tratada de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P. se realiza en el Rio blanco [13].

A continuación se muestra los mapas temáticos que permiten analizar los factores de la zonificación ambiental, en primera instancia se brinda información ambiental, cobertura y uso del suelo:

En el siguiente mapa 2 se puede observar que no existe ninguna zona que sea de protección, de conservación o de clasificación especial. Se puede encontrar grandes áreas de pastos naturales los cuales en su mayoría son para uso de la producción del ganado las cuales tienen gran potencial para ser tierras cultivables, se presentan cultivos como de caña panelera y de maíz.

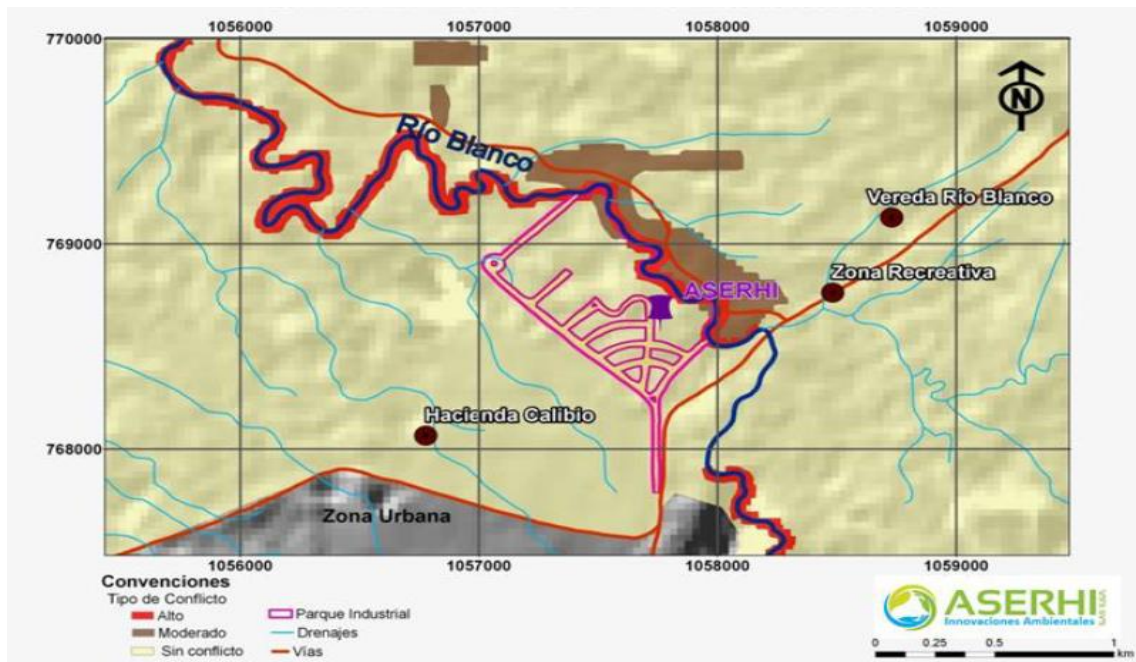
Mapa 2. Cobertura y uso del suelo.



Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

En la siguiente mapa 3 se puede observar el conflicto por el uso del suelo, en donde de acuerdo al POT se determina que zonas presentan problemas en el momento de sacar un permiso de uso de suelos.

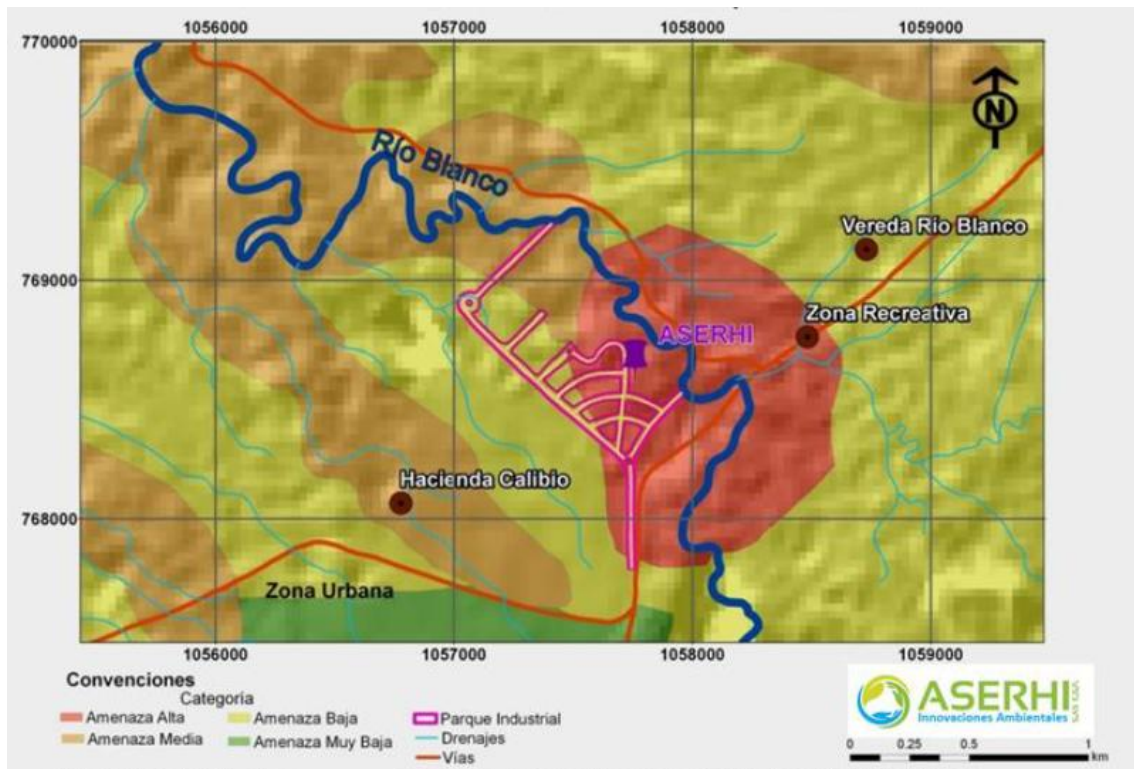
Mapa 3. Las zonas presentan problema en el uso del suelo.



Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

En el siguiente mapa 4 se analiza la posible amenaza de deslizamiento en la zonas de la empresa ASERHI S.A.S E.S.P. aproximadamente la mitad del área del parque industrial se encuentra en zona potencialmente alta de deslizamiento, esta mitad del área solo representa un 9% del área total de estudio que se tuvo en cuenta para la realización del mapa, de toda el área de estudio solo un 60% se encuentra en un bajo riesgo por deslizamiento.

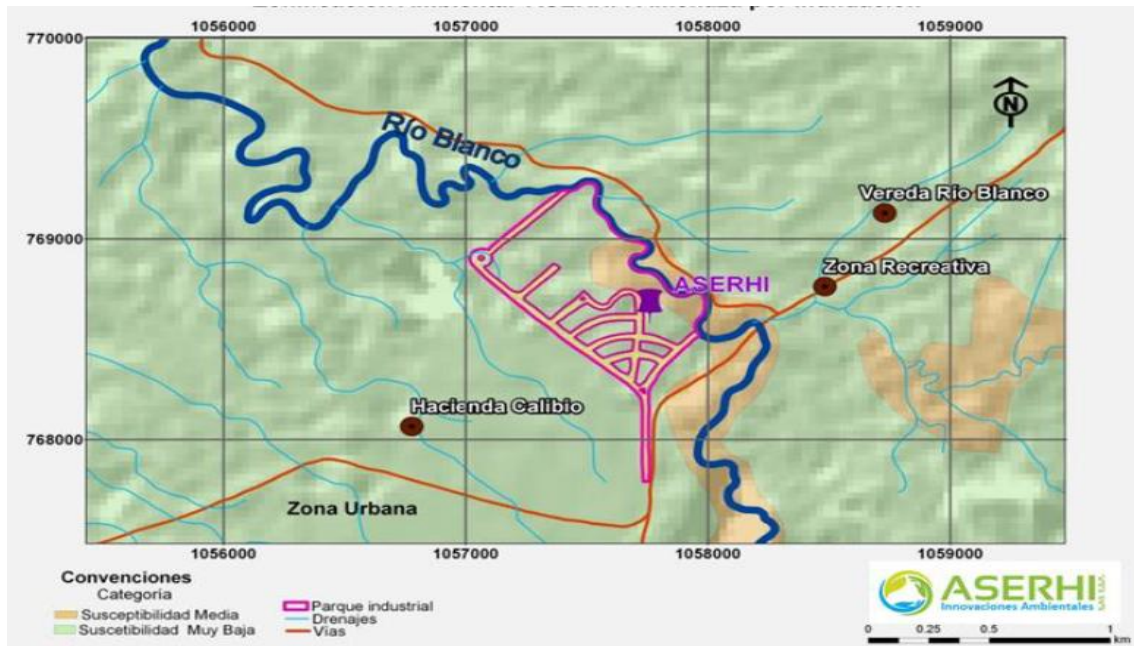
Mapa 4. Posibles amenazas de deslizamiento.



Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

A continuación en el mapa 5 se puede analizar la posible amenaza por inundación, el río blanco es la fuente hídrica más cercana en pasar por el parque industrial, además de ser en lugar de los vertimientos de agua residual tratada. Al ser el río más cercano es el que se debe analizar en primera instancia, encontrando una baja susceptibilidad de inundación

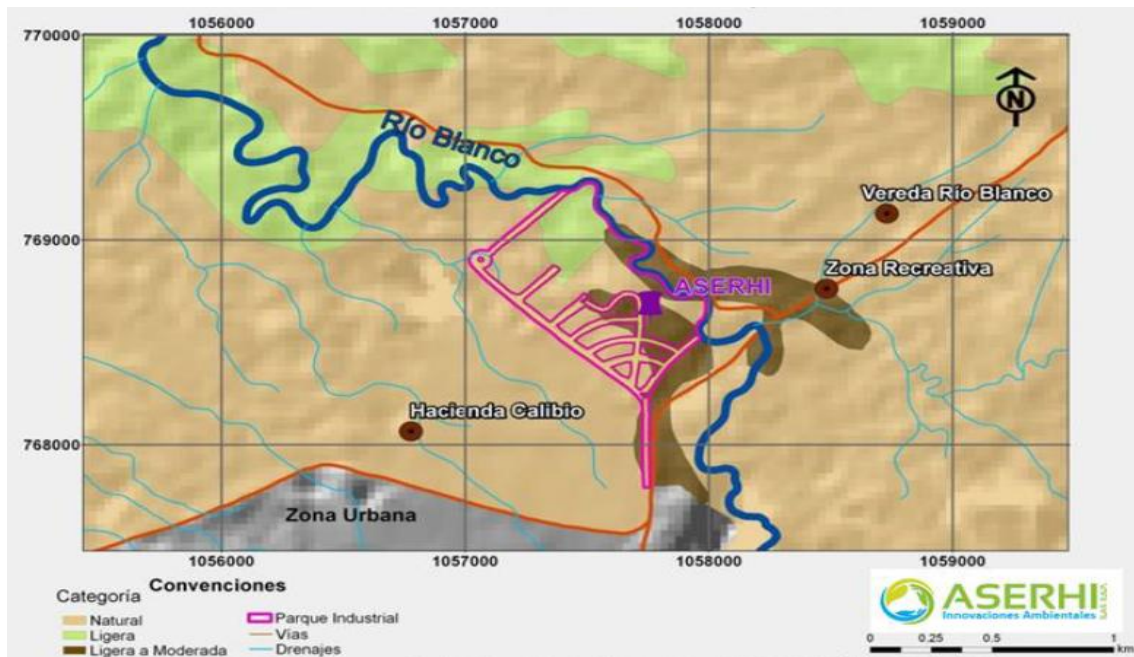
Mapa 5. Posible amenaza de inundación.



Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

Por último se puede observar el mapa 6, presenta la amenaza por erosión, donde se encuentra que en el área de estudio el 73% se presenta una erosión natural y en la zona central del parque industrial un 3% de ligera a moderada.

Mapa 6. Posible amenaza por erosión.



Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

4.1.6. EVALUACIÓN AMBIENTAL

En la tabla 4 se muestra la matriz de impacto ambiental, la cual se basó en los criterios de Vicente Conesa [15], donde se evalúan los principios de causa y efecto teniendo en cuenta que se quiere instalar a futuro un segundo horno incinerador con una capacidad de $300 \frac{\text{Kg}}{\text{hora}}$ además cuantificar que tan perjudiciales pueden ser las consecuencias al instalarse un nuevo horno.

Las actividades que se seleccionaron para ser analizadas, van ligadas únicamente con la implementación del nuevo horno.

Tabla 4. Matriz de impacto ambiental método CONESA.

	ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	IMPACTO
CONSTRUCCION	Construccion de obra civil	Generacion de riesgos	Deterioro de la salud	(-)	1	4	4	2	2	2	1	4	1	4	31	Moderado
	Construccion de obra civil	Reduccion del ecosistema	Deterioro del paisaje	(-)	4	4	4	2	2	2	1	4	1	2	38	Moderado
	Construccion del horno	Consumo de recursos naturales	Agotamiento de recursos naturales	(-)	2	4	4	2	2	2	1	4	1	4	34	Moderado
	Construccion de obra civil	Consumo de insumos	Agotamiento de recursos naturales	(-)	4	4	4	2	2	2	1	4	1	2	38	Moderado
	Escabacion	Modificacion del suelo	Deterioro del suelo	(-)	4	8	4	2	2	1	1	4	1	4	47	Moderado
OPERACION	Tratamiento por incineracion	Generacion de emisiones	Contaminacion del aire	(-)	8	4	4	2	2	2	4	4	4	4	58	Severos
	tratamiento por incineracion	Generacion de emisiones	Deterioro a la salud	(-)	4	4	4	2	2	1	4	4	4	1	42	Moderado
	Tratamiento por incineracion	Generacion de cenizas	Contaminacion del suelo	(-)	8	4	4	4	4	1	4	4	2	4	59	Severos
	Tratamiento por incineracion	Generacion de calor	Deterioro de la salud	(-)	1	4	2	2	1	2	1	1	1	1	22	Irrelevantes
	Tratamiento por incineracion	Generacion de ruido	Contaminacion del aire	(-)	1	1	2	2	2	1	1	4	2	1	20	Irrelevantes
	Tratamiento por incineracion	Generacion de ruido	Deterioro de la salud	(-)	1	1	2	2	2	2	1	4	2	2	22	Irrelevantes
	Tratamiento por incineracion	Consumo de gas	Agotamiento de recursos naturales	(-)	8	8	4	2	2	2	4	4	4	4	66	Severos
	Tratamiento por incineracion	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales	(-)	8	8	4	2	4	2	4	4	4	4	68	Severos
	Tratamiento por incineracion	Generacion de cenizas volantes	Contaminacion del suelo	(-)	8	4	4	2	2	2	4	4	4	4	58	Severos
	Tratamiento por incineracion	Generacion de cenizas volantes	Contaminacion del aire	(-)	4	4	4	2	2	1	4	4	4	4	45	Moderado
	Almacenamiento de residuos	Ocupacion de espacio	Deterioro del paisaje	(-)	2	2	4	4	2	1	1	4	4	4	34	Moderado
	Manipulacion de residuos	Generacion de riesgo a la salud	Enfermedad a los trabajadores	(-)	4	2	2	2	1	2	1	4	1	2	31	Moderado
	Tratamiento de residuos	Generacion de empleo	Incremento economico	(+)	4	4	4	4	2	1	4	4	2	2	43	Moderado
	Aprovechamiento de los gases de combustion	Generacion de energia electrica	Generar energia renovable	(+)	4	4	1	4	4	1	4	4	4	1	43	Moderado

Fuente: elaboración propia.

La asignación de valores en las ecuaciones de la matriz de Conesa fueron estipulados de acuerdo a la experiencia que se tuvo con el actual horno, en relación a los tipos de impactos ocasionados por la actividad y de acuerdo a los resultados de monitoreos previos en calidad de aire, agua, suelo y seguridad laboral con que cuenta la empresa. También se definieron utilizando como referencias los que se le habían asignado a la matriz de impacto ambiental del primer horno incinerador en el antiguo plan de manejo ambiental descrita en los anexos, de acuerdo a las definiciones propuestas por Vicente Conesa y al análisis del grupo de ingeniería de la organización para así poder deducir que tan perjudicial puede ser una actividad para el medio ambiente, relacionando criterios cuantitativos y cualitativos.

Con base en la metodología utilizada, se deben tratar los impactos más severos, en este caso se pueden identificar cuáles son de acuerdo a la matriz de impacto ambiental (tabla 4), que indica que la actividad de tratamiento por incineración es la más relevante ya que implica algunos aspectos como:

- Generación de emisiones
- Generación de cenizas
- Consumo de gas
- Consumo de agua

Estos aspectos pueden tener graves impactos negativos en el medio ambiente y la salud pública como:

- Contaminación del aire
- Contaminación del suelo
- Agotamiento de recursos naturales

Por lo anterior, es necesario enfocar la modificación del plan de manejo ambiental a las labores que permitan contrarrestar las consecuencias nocivas de las labores resaltadas.

A continuación se describen los diferentes componentes para posteriormente determinar los impactos más significativos en cada uno, en base a esto proponer un plan de manejo ambiental, monitoreo, seguimiento y control. Cabe resaltar

que se está realizando un plan de manejo ambiental, es decir se está preparando para contrarrestar efectos negativos en el futuro en los diferentes componentes (agua, aire, suelo, personal, insumos de operación) una vez esté instalado el segundo horno incinerador, por lo que en algunos casos se debe basar en supuestos, de tal manera que se consideren las situaciones perjudiciales posibles y en caso de que se presenten, se puedan mitigar y controlar de una manera óptima.

La empresa ASERHI S.A.S E.S.P, facilito los resultados del último monitoreo realizado al componente aire el cual se describe más adelante en la tabla 5, pero se reservó los valores de los monitoreos de los componentes suelo, agua, recursos de operación y recursos humanos, aun así, de acuerdo a lo manifestado por el grupo de ingenieros de la empresa, se está cumpliendo con lo estipulado por la normatividad en los demás componentes.

4.1.6.1. COMPONENTE AGUA

El abastecimiento del agua para la planta se obtiene de un pozo subterráneo, con el cual se obtiene un caudal de $0.684 * 10^{-3} m^3/s$ la cual se almacena en tanque elevado a 3 metros de altura para facilitar su distribución en toda la instalación.

La planta consume actualmente un volumen aproximado de $0.2705 * 10^{-3} m^3/s$ para las diferentes actividades de la empresa.

Los procesos que actualmente realiza la empresa en su sede operativa generan solo dos tipos de residuos líquidos:

- Industriales:
Son debidos al proceso de desinfección de la planta como es el lavado de los vehículos utilizados en la recolección y transporte de los residuos, en este proceso se pueden encontrar aguas con contenidos de solidos como grasas, detergentes y arenas. En las actividades de aseo de la planta se puede presentar derrame de combustible o de

aceite de los vehículos, con lo que se debe tener un cuidado especial porque puede generar un alto impacto ambiental.

- Domésticos:

Los cuales se deben a actividades de oficina que provienen del uso de baterías sanitarias, duchas y aseo en general, estas aguas pueden contener sólidos suspendidos, nitrógeno, detergentes y coliformes fecales.

En el transporte de los residuos se pueden presentar fugas o derrames de residuos o combustibles generando afectación a cuerpos de agua o suelos.

4.1.6.2. COMPONENTE AIRE

La principal fuente de emisiones de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P se debe a los gases de combustión generados en el proceso de incineración, dentro de estos gases se puede encontrar material particulado MP, dióxido de carbono (CO₂), compuestos halogenados como ácido fluorhídrico (HF) y clorhídrico (HCl), monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SO), óxidos de nitrógeno (NO). En una cantidad menor se puede presentar metales como arsénico (As), cadmio (Cd), cinc (Zn), antimonio (Sb), plata (Ag), indio (In), estaño (Sn) y mercurio (Hg), también pueden tener lugar hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Los compuestos mencionados anteriormente, pueden ser muy perjudiciales tanto para la salud pública como para el medio ambiente si no se tratan adecuadamente, ya que pueden ser cancerígenos o generar afectaciones a la salud de alguna manera, algunos pueden generar lluvias acidas o niebla.

También se puede encontrar material particulado proveniente de los procesos de trituración, manipulación de las cenizas derivado de la incineración y de la actividad de limpieza de los equipos industriales u otros objetos.

Los vehículos de transporte de residuos también pueden generar contaminación al aire aunque en una menor cantidad, debido a la quema de combustibles fósiles, las emisiones debido a los escapes de este tipo de vehículos son generalmente dióxido de carbono, compuestos orgánicos volátiles y macropartículas.

Otro impacto que se debe tener en cuenta es la contaminación auditiva que proviene de todos los equipos industriales como hornos, compresores, ventilador de tiro y trituradores.

A continuación se muestra en la tabla 5 el último monitoreo del componente aire con respecto al horno incinerador que opera actualmente:

Tabla 5. Resultados promedio de monitoreo de gases de combustión horno ASERHI S.A.S. E.S.P.

Nº	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Cumplir con el nivel máximo permisible para material particulado (MP)	Concentración de partículas en el aire	28 mg/m ³
2	Cumplir con el nivel máximo permisible para dióxidos de azufre (SO ₂)	Concentración de dióxidos de azufre en el aire	0,63 mg/m ³
3	Cumplir con el nivel máximo permisible para compuestos de cloro inorgánico como (HCl)	Concentración de HCl en el aire	28 mg/m ³
4	Cumplir con el nivel máximo permisible para compuestos de flúor inorgánico como (HF)	Concentración HF en el aire	0 mg/m ³
5	Cumplir con el nivel máximo permisible mercurio (Hg)	Concentración de mercurio en el aire	0.01 mg/m ³
6	Cumplir con el nivel máximo permisible para (Tl y Cd)	Concentración de Tl y Cd en el aire	0.01 mg/m ³
7	Cumplir con el nivel máximo permisible para metales	Concentración de metales en el aire	0.09 mg/m ³
8	Cumplir con el nivel máximo permisible para óxidos de nitrógeno (NO _x)	Concentración de óxidos de nitrógeno en el aire	92,8 mg/m ³
9	Cumplir con el nivel máximo permisible para monóxido de carbono (CO)	Concentración de CO en el aire	93,6 mg/m ³
10	Cumplir con el nivel máximo permisible para hidrocarburos (CH ₄)	Concentración de CH ₄ en el aire	19,4 mg/m ³

Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

En la tabla 5, se puede observar que las cantidades de los compuestos perjudiciales obtenidos en el último monitoreo, son inferiores a los valores

máximos establecidos en la resolución 909 de 2008, siendo las medidas más cercanas a los límites permitidos las de material particulado (MP) y monóxido de carbono (CO), por lo que es recomendable prestarle un cuidado especial a las medidas periódicas que se tomaran en los siguientes monitoreos de estas sustancias para que en ningún momento sobrepasen lo permitido.

4.1.6.3. COMPONENTE SUELO

Se puede presentar derrames de sustancias tóxicas las cuales pueden infiltrarse y provocar daño al suelo o llegar a acuíferos. Los reactivos químicos que se utilizan en algunas actividades también pueden causar un impacto negativo en el suelo en caso de un derrame accidental, se debe tener un cuidado especial con agentes químicos como sales secas.

Hay residuos que se generan constantemente como bombillos, pilas, baterías y lámparas los cuales se deben disponer de una manera especial para que no generen afectaciones significativas al suelo debido al contenido de sustancias químicas inorgánicas como ácidos, bases y compuestos de mercurio. Se presentan también desechos los cuales se pueden aprovechar como cartón, vidrio, plástico, metales, se deben desechar de una manera adecuada o reciclarse, ya que sus periodos de degradación son muy grandes, entonces generan gran impacto negativo al suelo, esto se puede hacer siempre y cuando se garantice en el área de clasificación que no están contaminados, de lo contrario no se podrán reciclar.

Las actividades de limpieza de la planta como barrido, podas, desecho de restos de comidas o recipientes de comidas pueden dañar el suelo. Además en el lavado y mantenimiento de los vehículos se pueden presentar desechos de aceites y combustibles, también se suelen presentar desechos como filtros de aire y llantas.

En las actividades de oficina de la empresa se pueden encontrar desechos como papel, partes de computadores, periféricos entre otros, que tiene componentes muy perjudiciales para el suelo en caso de no desecharse de manera adecuada, estos tipos de residuos no son tratados en la planta, para ello se capacita al

personal de esta área y así garantizar un adecuado depósito de cada tipo de residuos que se pueden generar.

4.1.6.4. COMPONENTE RECURSOS DE OPERACIÓN

Entiéndase en este componente los recursos como recursos naturales o insumos de operación.

Como se puede analizar en la matriz, la descripción de los impactos de cada actividad, en tareas como el proceso de transporte se contribuye al agotamiento de combustibles fósiles, en el encendido del horno se consume gas propano o también combustibles fósiles dependiendo del sistema que se elija al momento de la implementación del nuevo horno.

En las actividades diarias de la planta se genera el agotamiento de recursos como agua potable, energía eléctrica, reactivos químicos, implementos de aseo como jabones, desinfectante entre otros.

El gasto de los anteriores recursos genera un impacto irreversible en el medio ambiente.

4.1.6.5. COMPONENTE RECURSOS HUMANOS

En este componente se hace referencia a los recursos humanos o personal de la empresa.

Los trabajadores de la empresa podrían presentar problemas de salud una vez esté instalado el horno, debido a los tipos de actividades que se realizan durante el proceso de incineración o a los residuos que se manipulan.

Las altas temperaturas que tienen lugar en el momento del proceso de incineración pueden generar impactos negativos en la salud de los trabajadores, como también la exposición a altos niveles de intensidad del ruido de las máquinas.

Los residuos que se manejan pueden causar enfermedades cutáneas, respiratorias, perjuicios en los ojos y en el peor de los casos pueden ser

altamente cancerígenas, en el momento de la manipulación de los residuos se pueden presentar accidentes por cortaduras o punzaciones, debido a su naturaleza.

Todos los empleados pueden sufrir riesgos físicos, riesgos ergonómicos debido a movilidad restringida, posturas inadecuadas, falta de iluminación adecuada, inadecuada climatización, contaminación auditiva que proviene de todos los equipos industriales como hornos, compresores, ventilador de tiro y trituradores, son algunos de los riesgos ergonómicos más comunes. Se pueden presentar riesgos psicosociales o locativos como por ejemplo insatisfacción en el trabajo, alteraciones físicas, trastornos de sueño, nerviosismo, depresión, disminución del rendimiento, entre otros.

4.2. AJUSTE DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en la matriz de impacto ambiental, se plantearán unas medidas de control para contrarrestar los aspectos más importantes o los que causan un mayor impacto negativo, por ello se abordará los aspectos que causan un impacto severo de acuerdo al criterio de Vicente Conesa. Al tratar esos aspectos plenamente identificados, se generan medidas de prevención, minimización y mitigación para que su impacto se reduzca de una manera significativa. A continuación en la tabla 6 se pueden analizar los impactos que se deben tener en cuenta como consecuencia de la implementación de un nuevo horno incinerador de mayor capacidad.

Tabla 6. Impactos significativos al instalar un nuevo horno incinerador.

ACTIVIDAD		ASPECTO		IMPACTO
Tratamiento incineración	por	Generación de emisiones	de	Contaminación del aire
Tratamiento incineración	por	Generación de cenizas		Contaminación del suelo
Tratamiento incineración	por	Consumo de gas		Agotamiento de recursos naturales

Continuación Tabla 6.

Tratamiento por incineración	Consumo de agua	Agotamiento de recursos naturales
Tratamiento por incineración	Generación de cenizas volantes	Contaminación del suelo

Fuente: Elaboración Propia.

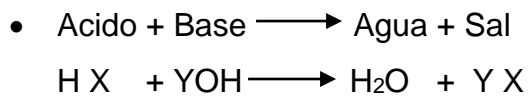
La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. actualmente tiene implementados ciertos programas que permiten la minimización de estos impactos severos o significativos para convertirlos en irrelevantes, de esta manera se mantienen monitoreados y controlados los aspectos para que estén dentro de los niveles permitidos por las normas ambientales, la implementación de un horno a futuro con las mismas características al actual pero con una capacidad mayor de residuos a incinerar por unidad de tiempo, puede generar alteraciones en estos programas, por ello se tomaran medidas y se modificaran los programas para que las consecuencias de la implementación del nuevo horno no generen incumplimientos a la normatividad ambiental ni afectaciones al ambiente.

4.2.1. PROGRAMA DE MANEJO DE EMISIONES

Cuando comienza el proceso de incineración de los residuos luego de su clasificación se generan gases que pueden ser muy nocivos además de cenizas, la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. ya tiene automatizados los procesos que permiten la purificación y destrucción de los compuestos más perjudiciales presentes en los gases de combustión, tanto para el medio ambiente como para la salud pública.

Dentro de las actividades de la empresa se puede encontrar un tratamiento para eliminar las dioxinas, furanos, material particulado (MP), dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), metales como cadmio (Cd), cinc (Zn), antimonio (Sb), Plata (Ag), indio (In), estaño (Sn) y mercurio (Hg), entre otros ya mencionados anteriormente. Para eliminar este tipo de sustancias altamente cancerígenas, se eleva la temperatura a mínimo 1200°C . Aun al elevar la temperatura a este valor, sigue existiendo la presencia de gases ácidos como el

ácido clorhídrico y el dióxido de azufre, para neutralizar estos gases se agrega un agente neutralizante básico, indicada en la siguiente reacción:



Durante el proceso de incineración se genera cenizas y material particulado, las cenizas se empaquetan y envían para aprovechamiento y el material particulado se recoge por precipitación en un ciclón y por filtración en un filtro de mangas el cual remueve partículas hasta de 0.1 micras. De esta manera es posible mantener los niveles de emisiones permitidos por las normas ambientales, en valores muy inferiores a los exigidos, esto se puede conocer ya que la automatización del proceso de incineración permite monitorear y conocer en tiempo real los valores de la cantidad de las emisiones.

Con el fin de que las maquinas implicadas en el proceso de incineración siempre funcionen de manera óptima, se propone hacer un mantenimiento preventivo de forma constante en periodos no muy grandes de tiempo para que el control de los gases y material particulado siempre se cumpla.

De acuerdo a la norma ambiental que hace referencia a los niveles de intensidad de ruido, se harán mediciones como lo estipula la ley, para garantizar que los valores generados debido a las maquinas implicadas en el proceso de incineración estén dentro de los rangos permitidos. Dado el caso que no se cumplan con estos valores en los niveles de intensidad, se instalaran barreras acústicas las cuales permitan mitigar este impacto.

La empresa ASERHI S.A.S E.S.P tiene implementado un plan de reforestación en un área donde las actividades de la planta influyan notablemente, para ello se tienen sembradas en la barrera perimetral especies como san Joaquín, guaduilla, durante, botón de oro y pino.

También se plantea aprovechar la energía térmica de los gases de combustión para producir energía eléctrica y poder hacer uso de las energías renovables disminuyendo el consumo de recursos naturales, en este caso disminuir el consumo de energía eléctrica.

4.2.2. PROGRAMA DE MANEJO DE VERTIMIENTOS

La empresa ASERHI S.A.S E.S.P actualmente cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales STARDI en su sede operativa ubicada en la planta, esto se hace con el ánimo de cumplir el programa de manejo de vertimientos (resolución 631 de 2015).

Para mantener con vigencia el permiso otorgado de vertimientos, ASERHI S.A.S. E.S.P. realizara monitoreo de vertimientos y mediciones de los indicadores más representativos anualmente, para garantizar y corroborar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales. Los indicadores o variables que se deben tener en cuenta para monitorear estos vertimientos son:

- Concentración de contaminantes (basuras, productos químicos, coliformes, desechos industriales, sedimentos)
- Porcentaje de parámetros que cumplen a cabalidad con la resolución 631 de 2015 (ver capítulo 4.5.2).
- Caudal de agua consumida
- Caudal de agua vertida mensual y/o diario.
- Cantidad de agua consumida por cantidad de residuos tratados mensual y/o diario.

Vale la pena aclarar que los residuos líquidos peligrosos recolectados no se llevan a la planta de tratamiento de aguas sino que son sometidos a incineración directa, y en caso de un accidente por derramamiento de un tipo de residuo de estos, entra en acción el plan de contingencia.

4.2.3. PROGRAMA DE MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS

En el proceso de combustión de los residuos se genera en altas cantidades la ceniza. Para este tipo de residuos se definió un subprograma con el cual se busca el aprovechamiento de este subproducto de tal manera que se procesen los diferentes compuestos de la ceniza y así obtener nuevas materias primas que pueden ser usadas en la industria de la construcción, de este manera se evita la disposición final de estas cenizas y se disminuye considerablemente el impacto ambiental.

Para llevar a cabo el aprovechamiento de las cenizas, ASERHI S.A.S. E.S.P. cuenta con un aliado estratégico llamado INGERRECUPERAR.

Una vez los residuos han sido recolectados y llevados a las instalaciones en el parque industrial, entra en acción un subprograma de control de residuos sólidos, el cual permite la identificación, segregación, registro, almacenamiento y manejo de estos, así como también la elaboración de los informes para notificar todo lo anterior. En función de la cantidad de residuos a procesar y las características fisicoquímicas de cada residuo se elige que tipo de procesamiento se va a llevar a cabo para su disposición final. En el subprograma que trata los residuos sólidos también se tiene en cuenta aparte de la clasificación de los residuos, el diseño y la construcción de áreas en las cuales se almacenen temporalmente antes de ser tratados.

Para el caso de las actividades administrativas se cuenta con un subprograma que se encarga del manejo de los residuos sólidos, la principal acción de este subprograma fue implementar puntos ecológicos acompañado de capacitación a los empleados para que se pueda realizar de manera eficiente la disposición final de los residuos de acuerdo a su clasificación.

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. actualmente cuenta con un cuarto frío el cual tiene una capacidad de 5 toneladas de almacenamiento a 4°C, ahí se depositan temporalmente residuos de riesgo biológico antes de ser procesados, se pretende expandir esa capacidad de almacenamiento de 5 toneladas a 10 toneladas para satisfacer de demanda de lo previsto en un futuro cercano, debido a estas proyecciones operativas también se hace necesario la implementación de un segundo horno incinerador ya que actualmente la empresa tiene licencia para un uso de 2 hornos incineradores pero solo hay 1 en funcionamiento. Las nuevas implementaciones de expansión de la empresa debe garantizar el cumplimiento de la normatividad ambiental con lo que luego de dichas implementaciones se va a tomar muestras con el fin de garantizar que el aumento de la producción de cenizas o de la llegada de más cantidad de residuos sólidos no aumenten su perjuicio al medio ambiente entre ellos el deterioro del suelo.

4.2.4. PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS (RECURSOS NATURALES O INSUMOS DE OPERACIÓN)

En el proceso de incineración, se utilizan combustibles fósiles como diésel o gas propano con el fin de precalentar y calentar el horno para así alcanzar las altas temperaturas las cuales garanticen un proceso de incineración completamente eficiente, esto produce un agotamiento de los recursos naturales, con lo cual se busca implementar un subprograma que permita instaurar un sistema auxiliar para reducir el gasto de este tipo de combustibles, además de llevar a cabo jornadas de capacitación para los empleados encargados de la parte operativa en el parque industrial con el fin de lograr una mayor eficiencia de los materiales e insumos de operación para minimizar el consumo de estos recursos. En el proceso de incineración se consume una cantidad considerable de energía eléctrica, por lo cual se busca implementar un sistema que permita producir energía, para ello se definió un programa el cual permitirá convertir la energía térmica que poseen los gases de combustión en energía eléctrica al evaporar agua, pasarla a alta presión por una turbina, un generador y conectado a un alternador.

4.2.5. PROGRAMA DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS EN SALUD

En primera instancia se debe asegurar que las instalaciones sean las adecuadas para llevar a cabo los procesos que ahí tiene lugar, por ello es necesario identificar, adecuar, mejorar y controlar los espacios de trabajo y la infraestructura para que el ambiente de trabajo sea el mejor y el más adecuado para los trabajadores y se sientan cómodos en su entorno laboral. Para garantizar un ambiente laboral propicio es necesario mantener una buena limpieza del lugar de trabajo por lo que se harán jornadas de aseo y así garantizar la ausencia de microorganismos y vectores, las jornadas de aseo se complementaran con actividades de fumigación.

Para evitar cualquier deterioro en la salud de los trabajadores tienen la dotación adecuada y elementos de protección individuales, estos elementos se entregaran de acuerdo a la función que desempeñe al manipular los residuos

sólidos o el proceso de incineración, de esta manera cada trabajador cuenta con la dotación adecuada y se minimizaran riesgos.

En el momento de la clasificación manual de los residuos sólidos realizada por los trabajadores, se pueden presentar accidentes, para disminuirlos se realizaron jornadas para llevar a cabo un programa de formación y educación ambiental orientada hacia los clientes de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. con el fin de lograr una entrega ideal de los residuos con una óptima segregación, con esta capacitación se consigue la reducción de posibles accidentes por la manipulación en la clasificación de los residuos que tiene lugar en la empresa y en el momento de cargarlos para procesarlos en el horno incinerador. Es necesario que los trabajadores también sean capacitados para que realicen de manera correcta la manipulación de cada tipo de residuo.

4.3. MEDIDAS DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y CONTROL.

4.3.1 MEDIDAS DE MONITOREO

Con el fin de garantizar la implementación del ajuste del estudio de impacto ambiental, además de que no tenga afectaciones significativas con el medio ambiente y sobretodo que los niveles se mantengan dentro de lo establecido por la ley, se desarrolló un plan de monitoreo para tomar muestras constantemente de las principales variables de interés y garantizar los niveles permitidos.

4.3.1.1 COMPONENTE AIRE

Para garantizar que la calidad del aire cumple con lo estipulado por la resolución 909 de 2008 expuesta anteriormente en el capítulo 2, es necesario tomar pruebas para cuantificar la presencia de ciertos compuestos los cuales de acuerdo a sus niveles garantizan que los procesos de incineración de los residuos no generan afectaciones significativas en el aire. Se deben medir los siguientes parámetros:

- Material particulado.

- Metales (plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), níquel (Ni), arsénico (As), cobre (Cu))
- Dioxinas y furanos
- Dióxido de azufre
- Monóxido de carbono
- Haluros
- Hidrocarburos totales
- Óxido de nitrógeno

Estos parámetros brindan información para determinar la calidad del aire, a partir de los resultados que se tengan luego de realizar las mediciones, se puede comprobar que los resultados estén dentro de los niveles permitidos, o por el contrario si superan estos niveles ejecutar una acción de control para reducir las cantidades que superan los niveles.

Los niveles permitidos de acuerdo a la resolución 909 de 2008 están en la siguiente tabla:

Tabla 7. Estándar de emisiones admisibles por la resolución 909 del 2008.

Instalaciones de incineración de residuos y/o desechos peligrosos	Promedio	ESTÁNDARES DE EMISIONES ADMISIBLES ($\frac{mg}{m^3}$)							
		MP	SO ₂	NO _x	CO	HCl	HF	Hg	HC _T
Instalaciones de incineración con capacidad inferiores a 500 Kg/hora	Promedio diario	15	50	200	50	15	1	0.05	10
	Promedio horario	30	200	400	100	60	4	0.1	20

Fuente: Resolución 909 del 2008 [4].

De acuerdo a la frecuencia con que se deben tomar las muestras debido a la resolución 2153 de 2010, la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. tomará las muestras de la siguiente manera, que se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Las muestras de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P.

PARÁMETRO	FRECUENCIA	FECHAS
Temperatura de salida de los gases y gases (NO_x , SO_x , MP, CO, HCl)	Cada 5 minutos a través del equipo de monitoreo continuo FIRECOL instalado en planta.	Continuo
Hidrocarburos (CH ₄), Haluros (HCl, HF, Metales)	Cada 6 meses con empresa acreditada por el IDEAM	Abril y Octubre de cada año
Dioxinas y Furanos	Cada 12 meses con empresa acreditada por el IDEAM	Octubre de cada año

Fuente: ASERHI S.A.S. E.S.P.

Con base en la experiencia obtenida en el desarrollo del trabajo se considera que es posible aumentar la frecuencia con la que se toman estas muestras ya que se pueden presentar fallas en el sistema de incineración o errores humanos que generen un aumento de estos valores y se originen consecuencias perjudiciales tanto para el medio ambiente como para la salud pública, incluso imprevistos que afecten a los trabajadores, pero el hecho de tomar datos de manera más seguida produce a la vez una elevación en los costos, por lo que demanda una inversión mayor, lo cual no es conveniente para el estado financiero de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P por los altos costos que tiene el desarrollo de un monitoreo.

Como se puede apreciar en la tabla 7, las mediciones las realizara en algunos campos la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. y por una empresa acreditada por el IDEAM, para garantizar que las condiciones de toma de datos y todo el protocolo este de acuerdo a lo estipulado por la ley. Los resultados obtenidos se transmitirán al grupo administrativo de gestión ambiental y sanitaria (GAGAS) de la empresa, aquí serán analizados y evaluados para comprobar los valores establecidos por la ley, en caso que no sea así determinar y ejecutar las medidas de contingencia para modificar y optimizar el sistema encargado de control de los gases para que no presenten mayores afectaciones a la calidad del aire.

Para garantizar por completo la calidad del aire, es necesario hacer mediciones de los niveles de intensidad del ruido, tanto dentro de la empresa como fuera de

ella para garantizar el cumplimiento de la resolución 627 de 2006, estas mediciones se realizarán cada dos años. Vale la pena aclarar que las mediciones se realizarán mediante la contratación de una empresa acreditada por el IDEAM, el cual también seleccionará los sitios de muestreo.

Para garantizar unas emisiones más limpias luego del proceso de incineración y disminuir la presencia de sustancias nocivas como dioxinas y furanos, se puede implementar una vez instalado el segundo horno incinerador un tratamiento químico el cual es usado por las plantas procesadoras de residuos peligrosos con los procesos más eficientes a nivel mundial como EKOKEM, el cual consiste en realizar una destrucción catalítica a estos compuestos perjudiciales utilizando sustancias como óxidos de titanio y vanadio.

4.3.1.2. COMPONENTE AGUA

La empresa ASERHI S.A.S. E.S.P por medio del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales STARDI, ubicada dentro de las instalaciones en el parque industrial, se realiza monitoreo de los vertimientos de manera anual, siguiendo el protocolo especificado en la resolución 631 de 2015, además de cumplir con la guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas del IDEAM, en el cual se especifican los indicadores y parámetros que se deben medir para adquirir una muestra representativa y así poder realizar un muestreo de la manera más adecuada.

Hay ciertos elementos que son importantes medirlos para cerciorarse que los límites propuestos por la resolución 631 de 2015 se esté cumpliendo, una de las mediciones más importantes de medir el caudal del afluente y efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales e industriales STARDI descrito anteriormente, a partir de estos elementos principales se puede definir algunos elementos secundarios como:

Aguas residuales industriales:

- Fenoles totales
- Demanda química de oxígeno

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Sólidos suspendidos totales
- Sólidos sedimentables
- Cadmio total
- Plomo total
- Cobre total
- Grasas y aceites
- Cianuro

Aguas residuales domesticas:

- Coliformes totales y fecales
- Demanda bioquímica de oxígeno
- Demanda química de oxígeno
- Solidos suspendidos totales
- Grasas y aceites

Los parámetros que se van a mencionar a continuación presentes tanto en las aguas residuales domesticas como industriales son los indicadores más aceptados para lograr un eficiente sistema de tratamiento de aguas residuales e industriales además de controlar los vertimientos de la manera más adecuada para garantizar la calidad ambiental, los valores permisibles por la normatividad ambiental se encuentran en la siguiente tabla 9:

Tabla 9. Los valores permitidos para vertimientos.

PARÁMETRO	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES	LIMITES
pH	Unidades de pH	5.0 – 9.0	
Demanda química de oxígeno (DQO)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$ de O ₂	225	
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$ de O ₂	75	
Solidos suspendidos totales (SST)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	75	
Solidos sedimentables (SS)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	1.5	

Continuación Tabla 9.

Grasas y aceites (G&A)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	15
Cadmio total (Cd)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	0.015
Cianuro total (CN ⁻¹)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	0.15
Cobre total (Cu)	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	1.5
Fenoles totales	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	0.3
Plomo total	$\frac{\text{mg}}{\text{L}}$	0.15

Fuente: Elaborado en la resolución 631 del 2015 [29].

4.3.1.3. COMPONENTE SUELO

En la actualidad la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. cuenta con un aliado estratégico llamado INGERRECUPERAR para transformar las cenizas generadas en el proceso de combustión en materia prima en la industria de la construcción, para evitar la disposición final de estas cenizas y puedan ser comercializadas. Para poder utilizar estas cenizas es necesario realizar una prueba de toxicidad característica del proceso de lixiviación (TCLP por sus siglas en inglés) ya que los resultados de esta medición son los que permiten determinar el nivel de esterilización y neutralidad del subproducto.

Un proceso que tiene lugar en las instalaciones con una frecuencia diaria o semana son las mediciones del peso (Kg) de los subproductos, los cuales se pesan en una báscula calibrada, estos subproductos se van a clasificar posteriormente de manera cualitativa, de esta manera serán notificados en los registros de la planta para el control de la trazabilidad de generación de residuos. En cuanto a los subproductos de limpieza de gases que serán sometidos a control son las sales secas del reactor, el material particulado del filtro de mangas y el material particulado del ciclón.

En cuanto a los subproductos generados en el proceso de combustión y tratamiento de gases como las sales de neutralización, las escorias, el material particulado del ciclón y del filtro de mangas se propone realizar algunas pruebas fisicoquímicas a estos compuestos como tamizaje, estabilización, neutralización,

vitrificación, entre otras, para que la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. por medio de su departamento de ingeniería realice investigación o establecer alianzas con instituciones universitarias para que por medio de trabajos de grados se logre desarrollo e innovación y de esta manera encontrar un uso y aprovechamiento a estos subproductos generados y aumentar la eficiencia del proceso de incineración.

4.3.1.4. COMPONENTE RECURSOS DE OPERACIÓN

Los principales recursos que se debe monitorear y limitar su consumo son el agua, el gas y la energía eléctrica, esto se concluye a partir de identificar los impactos negativos severos en la matriz de impacto ambiental.

En cuanto al agua, el consumo de interés en este proyecto tiene lugar para el tratamiento de los gases de combustión, la principal fuente para este tratamiento de los gases proviene de aljibe el cual tiene permiso de concesión de aguas subterráneas, para monitorear el caudal y controlar su consumo, se tiene instalado un medidor el cual permite limitar la cantidad diaria a usar, esta cantidad usada para el proceso de tratamiento de gases combustión es registrada diariamente y presentada en un informe mensual para ser analizado por la alta dirección. Actualmente se está trabajando en la implementación del servicio de agua de acueducto para tener un sistema alternativo de fuente hídrica y garantizar el un caudal de operatividad.

Para mantener los niveles de cumplimiento y la cantidad de gas dentro de los niveles previsto a ser gastados, se cuenta con un medidor de volumen en el tanque estacionario que se encarga de almacenar este recurso, con este medidor es posible determinar la cantidad de galones gastados diariamente y de esta manera ser registrados para posteriormente ser presentados en un informe mensual a la alta dirección.

Por último, para monitorear el consumo de energía eléctrica, la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. ya cuenta con un contador instalado debajo del transformador que es propiedad de la empresa, de esta manera se garantizara que los niveles de consumo sean los esperados, luego de elaborar un informe con los valores

tomados del consumo de la energía eléctrica, se presentara de manera mensual junto con los otros recursos para que sea analizado por la alta dirección.

Es pertinente definir un programa de uso eficiente y ahorro de la energía para eliminar el consumo de energía reactiva la cual se considera una energía de desperdicio que se consume en la planta, para ello se elaborara un proyecto de investigación que incluya la instalación de un banco de condensadores.

Una buena opción para el ahorro de energía eléctrica es aprovechar la energía de las emisiones producidas en el proceso de incineración, de esta manera mediante la implementación de un sistema de turbina, se utilizara la energía mecánica de estos gases para convertirla y permitir la producción de la energía eléctrica, así ser usada en la operación de la planta, lo cual mejorara notablemente este componente ya que se reducirá el consumo de electricidad que es comprado a otras empresas.

En la parte del calentamiento del horno incinerador, se puede implementar un sistema de combustión el cual funcione a base de gas natural, ya sea como un método que reemplace al anterior que utiliza gas propano o un alternativo y de esta manera se pueda llevar a cabo el proceso de incineración con cualquiera de los dos combustibles.

4.3.1.5. COMPONENTE RECURSOS HUMANOS

Para monitorear constantemente el grado de estrés térmico que pueden sufrir los empleados que realizan sus labores cercanas a los hornos incineradores, se cuenta con la instalación de 2 termohigrometros en lugares estratégicos los cuales brindan datos de la temperatura, humedad relativa del aire y del medio ambiente, los valores censados deben permanecer por debajo de lo previstos por los controles del área de seguridad y salud en el trabajo (SST), aunque se está monitoreando constantemente estos valores que generan estrés térmico, en el transcurso del año 2017 se realizaran jornadas de medición de estos valores con el acompañamiento de la administradora de riesgos laborales (ARL) positiva, para comprobar que el grado de afectación en la salud de los

trabajadores debido a las altas temperaturas se está controlando de manera eficaz.

En cuanto a los niveles de ruido ocupacional, se realizarán jornadas de medición de acuerdo a los controles de seguridad y salud en el trabajo (SST), estas jornadas las realizará en acompañamiento de ARL positiva, los cuales aportarán los equipos y los procedimientos para realizar la medición adecuada.

Es de vital importancia realizar mediciones de la cantidad presente de material particulado (MP) en los lugares donde operan los trabajadores, por ello, se realizarán mediciones de material particulado (MP) en zonas operativas con la ayuda de Administradoras de Riesgos Laborales (ARL) positiva, para controlar los niveles y determinar las afectaciones en la salud de los trabajadores, en función de los resultados se tomarán medidas para mejorar las actividades y el ambiente laboral. Cabe resaltar que estas mediciones de material particulado (MP) deben hacerse también en los exteriores, para garantizar que los valores que se están generando no afecten al medio ambiente de acuerdo a las leyes ambientales.

Aunque la empresa tiene en acción las medidas necesarias para prevenir accidentes a sus empleados y todos los equipos necesarios de salud ocupacional, sería viable buscar la otorgación de la norma internacional OHSAS 18001, la cual es certificable y está destinada a organizaciones comprometidas con la seguridad y salud laboral además con la prevención de riesgos laborales siendo una herramienta fundamental y de reconocido prestigio ante las instituciones.

4.3.2. MEDIDA DE SEGUIMIENTO

En este punto se maneja la parte de revisión, control, inspección y auditoría para corroborar el buen funcionamiento y cumplimiento de lo previsto teniendo en cuenta la instalación del horno incinerador con mayor capacidad. En primera instancia se analizarán los requisitos, planes, programas y actividades para saber en qué estado se encuentra el estudio de impacto ambiental del horno incinerador actual, a partir de analizar la anterior información aún vigente, se

hace indispensable implementar la parte preventiva y correctiva teniendo en cuenta las consecuencias que acarrearía la instalación de un nuevo horno con mayor capacidad.

La empresa se encarga en realizar cuatro seguimientos y control que son:

- La observación interna de cada punto de trabajo dependiendo el proceso mediante el coordinador encargado.
- La alta dirección realiza revisiones de manera continua.
- Un trabajo interno manejado por el proceso SGI-HSEQ (sistema de gestión integral HSEQ)
- Manejar lo de auditorías externas.

Otra actividad de seguimiento es realizar visitas de chequeo para verificar las funciones que le corresponden a cada trabajador y evaluar que se estén realizando de la manera más adecuada y de acuerdo a los protocolos y procedimientos planteados por el departamento de salud ocupacional. Este proceso se encuentra controlado y en continua practica por el sistema de gestión integral (SGI).

De manera mensual se realizara un seguimiento por la dirección de planta en el cual se verifica que las tareas asignadas se hayan cumplido satisfactoriamente. Este chequeo se realiza a partir de los informes y resultados obtenidos de la cantidad de residuos que se incineraron.

Es necesario analizar que se mantenga vigente el cumplimiento de las leyes gubernamentales encargadas de custodiar la instalación del nuevo horno incinerador para controlar los posibles daños que le pueda causar al medio ambiente o a la salud pública, por ello se realizaran programas de auditoria que miren, revisen, inspeccionen y chequeen el proceso de incineración desde todos los puntos de vista, para mantener vigentes los permisos otorgados por las entidades gubernamentales enfocadas en el control sanitario y ambiental.

En cada seguimiento se obtendrá un resultado y un informe, en el cual se definirá si hay un cumplimiento o incumplimiento en el proceso, estos resultados se notificarán continuamente a los altos directivos la empresa.

4.3.3. MEDIDA DE CONTROL

Un factor importante que se debe controlar una vez instalado el segundo horno incinerador, es la cantidad de emisiones que son resultado del proceso de combustión, las cuales representan la mayor fuente de contaminación en este proceso, para mantener estas cantidades bajo control, es necesario cumplir con los valores permitidos de cada tipo de emisión que se explican de manera detallada en la resolución 909 de 2008 y se muestran en el plan de seguimiento, de esta manera lo ideal es que el horno incinerador cuente con un sistema de automatización, el cual mediante un transductor cense en tiempo real las cantidades de las sustancias más nocivas presentes en este proceso, para que dado el caso que haya un aumento significativo de la cantidad de estos compuestos, se suspenda el proceso de incineración, de esta manera evitar un daño considerable en el medio ambiente, para evitar este tipo de incidentes, uno de los factores a controlar es la cantidad de residuos a incinerar, de tal manera que no se sobrecargue el horno.

Se debe controlar de manera constante el filtro de mangas ya que es el dispositivo que controla la emisión de material particulado. Para mantener la eficiencia de este componente, es necesario que la presión permanezca constante en el valor que se calibra una vez instalado el horno, una caída en la presión representaría una falla y posible fuga de material particulado lo que desencadenaría en un gran impacto negativo en el medio ambiente, ya sea en factores como el aire, el suelo, la salud pública entre otros, por ello es necesario que los sistemas de medición de presión sean calibrados cada año.

Para garantizar una completa remoción de metales pesados presentes en el material particulado, se pretende instalar un precipitador electrostático en el segundo horno incinerador, el cual consta de dos placas sometidas a una diferencia de potencial, cuando el gas producto de la incineración pasa por este

par de placas sometidas a un campo eléctrico, se cargan eléctricamente y se atraen hacia el electrodo colector, el cual tiene carga opuesta, por medio de un sistema de golpeteo se recogen las partículas, en una tolva localizada en la parte inferior, de esta manera se controla algunos compuestos nocivos presentes en el proceso de incineración.

En el proceso de la destrucción de sustancias como dioxinas y furanos, es necesario aumentar la temperatura en el quemador de gases, de esta manera para controlar la emisión de estas sustancias volátiles, es necesario inspeccionar constantemente la temperatura en este elemento, de tal manera que se alcance en cada proceso de incineración el valor de temperatura en la cual se destruyen esos compuestos.

En cuanto al control del agotamiento de recursos naturales, para el gas es necesario mantener calibrados los flujos de caudal, lo que va a permitir controlar en la incineración la cantidad, y que no se generen desperdicios, la cantidad de gas a utilizar en cada proceso estará dado en función de la carga de residuos a incinerar.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Haciendo uso de la metodología descrita en la etapa 1 de diagnóstico para la recolección de la información referente al proceso de incineración que se lleva a cabo en la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P y mediante los criterios propuestos por Vicente Conesa, fue posible identificar los aspectos y evaluar los impactos ambientales que se presentan como consecuencia de la instalación de segundo horno incinerador.
- Una de las consecuencias que traería la instalación del segundo horno es el aumento en la concentración de los gases de emisión que se generan debido al proceso de combustión, esto se evidencia comparando la matriz de impacto ambiental del primer horno incinerador ya instalado con la del segundo horno a instalar a futuro, por ello se ajustó de manera óptima el plan de manejo ambiental de la empresa ASERHI S.A.S. E.S.P. en función de los impactos negativos severos obtenidos en dicha matriz.
- Se definió un plan de monitoreo, seguimiento y control permitiendo a la empresa cumplir con lo estipulado por la legislación ambiental, en especial con la resolución 909 de 2008, de esta manera se plantearon los procesos adecuados que se deben seguir una vez esté instalado el segundo horno incinerador para que se mitiguen los impactos negativos que se presenten como consecuencia de su puesta en marcha.
- Mediante la matriz de evaluación ambiental se pudo determinar cuáles son las actividades que representan un mayor riesgo para el medio ambiente y sus causas, por lo que es necesario actuar de manera preventiva en el caso de la generación de emisiones y cenizas debido al proceso de combustión, también el consumo de recursos como el gas y el agua, por eso se debe conservar la frecuencia de la toma de lecturas de datos para que permanezcan bajo control los límites previstos de uso de recursos.

- Se sabe que la generación de gases es un factor nocivo y perjudicial para el medio ambiente y la salud pública, al instalar el nuevo horno incinerador presenta impactos negativos en el medio ambiente, pero se concluye con base en los monitoreos que ha realizado ASERHI S.A.S. E.S.P y la experiencia de control ambiental que tiene la empresa, que el componente aire y de salud no va a resultar altamente afectado debido a las medidas de mitigación que se tienen en el plan de manejo ambiental.
- Al instalar el nuevo horno incinerador para procesar mayor cantidad de residuos, se generara un mayor consumo de agua por lo cual la empresa deberá ajustar sus procesos para poder cumplir con el límite máximo de consumo aprobado en su permiso de concesión de aguas.
- En la instalación del nuevo horno incinerador se sabe que si es mayor la cantidad de residuos a incinerar, la cantidad de cenizas crece considerablemente en el proceso de combustión. En esto se tiene una solución satisfactoria, debido a que entre más cenizas se obtengan, se saca mayor materia prima en la parte de industria de la construcción.
- En la gestión de riesgos en el trabajo se logró un buen resultado, ya que se utiliza una buena prevención, esto se debe a los adecuados espacios de trabajo y una eficiente infraestructura en los puntos de trabajo, además se manejan la parte de aseo frecuentemente con fumigaciones, a todos los trabajadores se les brinda la dotación e implementos de protección personal que minimiza y previene riesgos de los trabajadores dependiendo el punto laboral. Los trabajadores son capacitados para realizar correctamente el manejo, separación e incineración de residuos.

5.2. RECOMENDACIONES

- A partir de las emisiones generadas en el proceso de combustión del horno incinerador se puede producir un aprovechamiento de tal manera que se transforme la energía térmica en eléctrica por lo cual se recomienda que la empresa priorice la definición en implementación del proyecto de valorización energética además de ser tendencia mundial en el manejo de los residuos.
- Se recomienda a la empresa hacer una transición de combustible de gas propano a gas natural el cual es más económico y menos contaminante, con esto aportaría al mejoramiento del desempeño ambiental de la organización.
- Se recomienda a la organización realizar una trituración de los residuos previo a ser incinerados para garantizar una mejor combustión de los mismos y minimizar la concentración de los gases generados especialmente el monóxido de carbono.
- Se recomienda a la empresa realizar una identificación de aspectos y evaluación de impactos con base en otras metodologías con el fin de tener referencias y resultados más avanzados para la determinación de los impactos significativos y así mismo para la determinación de los planes de acción.
- Se recomienda a la organización realizar una evaluación de impacto ambiental y muestreos de gases una vez se haya instalado y esté en funcionamiento el nuevo horno para determinar la variación en las concentraciones de los parámetros de emisión y definir los impactos reales de la puesta en marcha de los nuevos equipos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Corantioquia, «Requerimientos técnicos y normativos para los hornos incineradores,» Medellín, 2015.
- [2] V. Odriozola, «La incineración de los residuos hospitalarios daña la salud,» Buenos aires, 1996.
- [3] J. S. d. O. José Antonio Saiz de Omeñaca, «Impacto ambiental de las incineradoras,» España, 1996.
- [4] v. y. d. t. Ministerio de ambiente, «Resolución 909 de 2008,» Colombia, 2008.
- [5] ASERHI S.A.S E.S.P., «Manual de instrucción para la instalación, operación y mantenimiento del horno incinerador marca ASERHI modelo FA-120 con sistema de control de gases,» Popayán, 2015.
- [6] Fortum, «Ekokem,» 20 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://wastesolutions.fortum.com/en/media/news/the-future-of-waste-management/>. [Último acceso: 20 Agosto 2016].
- [7] El tiempo, «Ekokem,» 14 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13499955>. [Último acceso: 20 Agosto 2016].
- [8] Exportamos a Finlandia 100 toneladas de tóxicos, «El nuevo diario,» 7 Octubre 1998. [En línea]. Available: <http://archivo.elnuevodiario.com.ni/nacional/33634-exportamos-finlandia-100-toneladas-toxicos/>. [Último acceso: 21 Octubre 2016].
- [9] Tecniamsa, «Tecniamsa,» 15 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <http://tecniamsa.com/tecniamsa-invierte-ampliar-oferta-servicios/>. [Último acceso: 23 Agosto 2016].

- [10] Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Certificación No 4302,» 12 Septiembre 2014. [En línea]. Available: http://www.anla.gov.co/sites/default/files/14192_cer_4302_120914.pdf. [Último acceso: 25 Agosto 2016].
- [11] Medio ambiente, «El espectador,» 13 Octubre 2014. [En línea]. Available: <http://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/planta-de-tratamiento-de-residuos-peligrosos-articulo-522003>. [Último acceso: 24 Agosto 2016].
- [12] Tecniamsa, «Tecniamsa,» 2016. [En línea]. Available: <http://tecniamsa.com/>. [Último acceso: 25 Agosto 2016].
- [13] ASERHI S.A.S. E.S.P., «Estudio de impacto ambiental,» Popayán, 2016.
- [14] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, «Metodología general para la presentación de estudios ambientales,» Colombia, 2010.
- [15] Alcaldía mayor de Bogotá d.c., «Guía metodológica para la evaluación de aspectos e impactos ambientales,» Bogotá, 2013.
- [16] Ministerio de salud y ministerio de medio ambiente, «Manual de procedimientos para la gestión integral de residuos,» Bogotá, 2002.
- [17] Alcaldía mayor de Bogotá d.c., «Observatorio ambiental de Bogotá,» 19 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/educacion-ambiental/ayuda-de-tareas/manejo-residuos-solidos>. [Último acceso: 12 Enero 2017].
- [18] J. E. Toledo, «Gestiopolis,» Caracterización de los residuos sólidos domiciliarios, urbanos y residencial, 15 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/caracterizacion-de-los-residuos-solidos-domiciliarios/>. [Último acceso: 12 Enero 2017].

- [19] Twenergy, «Residuos no peligrosos,» 1 Diciembre 2011. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/a/residuos-no-peligrosos-395>. [Último acceso: 12 Enero 2017].
- [20] Envivo Universidad EAFIT, «Expedición Antioquia: Residuos sólidos potencialmente aprovechables,» 14 Diciembre 2010. [En línea]. Available: <http://envivo.eafit.edu.co/EnvivoEafit/?p=112>. [Último acceso: 12 Enero 2017].
- [21] E. P. Montaña, «Procedimiento para la gestión y disposición de los residuos sólidos y peligrosos,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2011.
- [22] X. Elías, «Emisiones a la atmosfera y correcciones,» Tipo de Hornos para Incinerar, [En línea]. Available: http://www.bvsde.paho.org/cursoa_reas/e/fulltext/Ponencias-ID55.pdf. [Último acceso: 14 Enero 2017].
- [23] Zanni technologies, «Stationary incinerator units SICF 300-500,» 2008. [En línea]. Available: <http://www.zanni.de/SICF300-500.pdf>. [Último acceso: 15 Enero 2017].
- [24] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Decreto 1076,» 26 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://actualicese.com/normatividad/2015/05/26/decreto-1076-de-26-05-2015/>. [Último acceso: 24 Agosto 2016].
- [25] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Decreto número 2041,» Colombia, 2014.
- [26] Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, «Resolución 0886,» Colombia, 2004.
- [27] V. y. D. T. Ministerio de Ambiente, «Resolución número 0760,» Colombia, 2010.
- [28] M. D. S. y. Social, «Decreto 351 Del 2014,» Colombia, 2014.

- [29] M. D. A. y. D. Sostenible, «Resolución 0631,» Colombia, 2015.
- [30] Google earth, «Google earth,» [En línea]. Available: <https://earth.google.com/web/search/popayan+parque+industrial/@2.50410985,-76.5601463,1803.09392637a,1055.41310061d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgoKCaIWypvAsTVAEaEWypvAsTXAGUOYzUXYaTxAIXoBj-SJ3FLA>. [Último acceso: 6 Julio 2017].
- [31] Corporación autónoma regional del Cauca, «Plan de ordenamiento territorial,» Popayán.
- [32] Universidad del Cauca, «Estación meteorológica,» Popayán, 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Fotografías.



Donde deben pasar los trabajadores en el proceso de incineración.



Toda la planta incineradora



El proceso donde ingresan los residuos a incinerar.



El proceso de limpieza de emisiones y separación de cenizas.

Anexo 2. Fichas ambientales.

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:				
		VERSION:1	PAG: 1 DE 1			
PROGRAMA: control ecosistemico						
SUBPROGRAMA: reforestacion						
RESPONSABLE GENERAL: Planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: consumo de recursos, ocupacion de espacios						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: favorecer la adaptacion de especies vegetales en los alrededores de la planta.		Fecha de Elaboracion	20/05/2017			
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
Rediseñar el programa de reforestacion	gerente, ing planta	ago-17	\$ 2,000,000	según criterio del diseñador	POREJECUTAR	programa de reforestacion PRIG- XXX
Diseñar un sendero ecologico	ing industrial, forestal	ago-17	\$ 2,000,000	según criterio del diseñador	POREJECUTAR	planos
cotizar el valor de las especies a plantar	ing planta	jun-17	\$ 0	ir al proveedor	POREJECUTAR	cotizaciones
ejecutar las obras	maestro, jardinero	continua	\$ 5,000,000	comprar y plantar las especies vegetales en la zona de influencia de la empresa	POREJECUTAR	plantas sembradas

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:				
		VERSION:1				
		PAG: 1 DE 1				
PROGRAMA: manejo de residuos solidos						
SUBPROGRAMA: ampliacion capacidad instalada de tratamiento						
RESPONSABLE GENERAL: Planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: generacion de residuos						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: Mejorar la gestion de los residuos peligrosos generados en la region a traves de la instalacion de un horno de		Fecha de Elaboracion				
		20/05/2017				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
diseñar el horno y sistema de tratamiento de gases	dpto de ingenieria ASERHI SAS ESP	continua	depende del constructor	depende del constructor	por definir según el proyecto	planos, memorias, hojas de calculos
construir e instalar el horno	dpto de ingenieria ASERHI SAS ESP	feb-18	\$ 3,500,000,000	definir metodo de pago, definir fechas de instalacion y puesta en marcha	por definir según el proyecto	factura, registros de funcionamiento
ofrecer el servicio con mayor cobertura	gestion comercial	continua	variable	visitas a generadores, entrega de folletos, publicidad radial y televisiva.	cantidad de clientes nuevos/mes	registros de visitas, contratos nuevos

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:				
		VERSION: 1				
		PAG: 1 DE 1				
PROGRAMA: Manejo de emisiones						
SUBPROGRAMA: Emisiones atmosfericas incineracion						
RESPONSABLE GENERAL: proceso gestion planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: generacion de emisiones, consumo de recursos, generacion de residuos						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: Ejercer control a las emisiones atmosfericas			Fecha de Elaboracion			
mediante instalacion de un STG y monitoreo isocinetico a los gases generados en el proceso de incineracion.			20/05/2017			
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION O FRECUENCIA	COSTO DETALLADO POR MES	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
Cotizar el diseño del STG para el segundo horno incinerador	alta direccion	Agosto de 2017	-	identificar a los posibles contratistas, solicitar la cotizacion por escrito.	por definir según el proyecto	cotizacion
Realizar la instalacion del STG	dpto de ingenieria ASERHI SAS	Septiembre de 2017	500.000.000	según constructor	por definir según el proyecto	equipo instalado
Cotizar la realizacion del muestreo isocinetico con empresas acreditadas por idsam	ing de planta	cada 4 meses despues de un monitoreo	Llamadas telefonicas, envio de e-mails, generacion de documentos: \$10000	identificar a los posibles contratistas, solicitar la cotizacion por escrito.	por definir según el proyecto	registro de cotizaciones del servicio
escoger un contratista	ing de planta, gerente general	cada 4 meses despues de un monitoreo	\$ 0	Seleccionar al mejor ponente de según	por definir según el proyecto	contrato u OPS
realizar el muestreo isocinetico, evaluar los resultados	contratista	cada 6-8 meses	Según sea la cotizacion aprobada	protocolo para el control y vigilancia de	según res 909/08	informe de monitoreo
optimizar el STG de acuerdo con los resultados de monitoreo.	alta direccion	continuo	100000000 CUANDO APLIQUE	de acuerdo a diseños y reuniones de ingenieria	POR EJECUTAR SEGÚN LOS RESULTADOS DE MUESTREO	informe de monitoreo, obra civil

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:
		VERSION:1
		PAG: 1 DE 1

PROGRAMA: Manejo de emisiones
SUBPROGRAMA: Produccion mas limpia
RESPONSABLE GENERAL: Planta
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: consumo de combustibles, generacion de emisiones, generacion de residuos
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: Hacer sostenible el proceso de la planta a traves de la recuperacion del calor emitido en la camaras y la produccion de energia.

ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
diseñar un segundo horno rotativo con sistema de tratamiento de gases, caldera de recuperacion y turbina de vapor	dpto de ingeniería ASERHI SAS ESP	ago-17	por definir en el proyecto	trabajo de pasantia y apoyo departamento de ingeniería	CROMOGRAMA DE EJECUCION DEL PROYECTO	manual de instalacion, operacion y mantenimiento
conseguir recursos para la construccion e instalacion de los sistemas	alta direccion	enero de 2018	por definir en el proyecto	ventas de servicios, prestamos bancarios, inversiones privadas	por definir en el proyecto	equipos instalados
operación y mantenimiento de equipos de cogeneracion y tratamiento	procesos de planta ASERHI SAS ESP	VIGENCIA 2018-2019 PARA ARRANQUE	por definir en el proyecto	según manuales de equipos	cantidad de energia generada por unidad de tiempo y kg de residuos procesados, disminucion del consumo de energia	registros de produccion de energia y residuos tratados

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		VERSION:1				
		PAG: 1 DE 1				
PROGRAMA: manejo de residuos liquidos						
SUBPROGRAMA: Uso eficiente y ahorro de agua						
RESPONSABLE GENERAL: Planta y administracion						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: generacion de vertimientos						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: implementar un plan de uso eficiente y ahorro de agua	Fecha de Elaboracion	20/05/2017				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
diseñar un PUEAA	Supervisor planta	jul-17	\$ 2,000,000	según directrices normativas	por definir en el proyecto	programa documentado
socializar y controlar la aplicación del PUEAA	Supervisor planta	jul-17	\$ 0	mediante el programa de formación interna de la empresa, realización de inspecciones y auditorias	por definir en el proyecto	registros de capacitacion

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:				
		VERSION: 1				
		PAG: 1 DE 1				
PROGRAMA: manejo de residuos solidos						
SUBPROGRAMA: Produccion mas limpia						
RESPONSABLE GENERAL: Planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: generacion de residuos, aprovechamiento de residuos, consumo de recursos						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: Minimizar la cantidad de residuos a disponer		Fecha de Elaboracion				
en celda de seguridad mediante el reciclaje del vidrio y el metal contenido en las cenizas de combustion.		20/05/2017				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
contactar al proveedor	ing planta, gerente	POR EJECUTAR	\$ 0	selección y evaluación de proveedores	POR EJECUTAR	contrato, cotizacion
analizar las cenizas mediante la prueba TCLP	contratista	SEGÚN CONTRATISTA	\$ 0	segun el contratista	POR EJECUTAR	informe de resultados
enviar las cenizas a aprovechamiento	alta direccion	SEMESTRAL	\$ 80,000,000	cargue de los vehiculos	POR EJECUTAR	remision, lista de chequeo
diseñar el procedimiento de manejo y aprovechamiento de las cenizas para ser aplicado en la planta aserhi	alta direccion	jul-17	\$ 20,000,000	proyecto de pasantia para eia y manuales de manejo de residuos	cantidad de cenizas aprovechadas/mes	actas de aprovechamiento de cenizas

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO:				
		VERSION:1	PAG: 1 DE 1			
PROGRAMA: control del consumo de recursos						
SUBPROGRAMA: control de consumo de combustible planta						
RESPONSABLE GENERAL: planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: consumo de recursos						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: establecer metodos, adecuaciones, diseños y estrategias para la minimización del consumo de combustibles en la operación de la planta		Fecha de Elaboración				
		20/05/2017				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
preparar menus de incineracion y documentarlos para su aplicacion	supervisor planta	por definir luego de la instalacion del segundo horno	\$ 0	analizar las características de los residuos y definir su poder calorífico para establecer el menu, protocolizarlo	por definir	protocolo de incineracion
realizar ajustes a los parametros de operacion en inyeccion de aire y cantidades de carga de residuos	supervisor planta	por definir luego de la instalacion del segundo horno	\$ 0	evaluar el sostenimiento de temperaturas, inspeccionar estabilidad de los equipos y definir rangos, presiones, niveles estandar de operacion, protocolizar	por definir	protocolo de incineracion
capacitar y controlar continuamente la operacion de los colaboradores planta para el uso de rastillo y dosificacion de residuos en el horno	supervisor planta	por definir luego de la instalacion del segundo horno	\$ 200,000	protocolizar el uso del rastillo, capacitar a los operarios en el manejo de los equipos	por definir	reg de capacitacion, reg de inspeccion
verificar continuamente las condiciones de los aislamientos de los equipos para garantizar la inercia termica requerida en la operacion	supervisor planta, operarios de planta	por definir luego de la instalacion del segundo horno	\$ 0	inspeccionar los equipos para definir mantenimientos preventivos o correctivos y garantizar la adecuacion del material refractario	por definir	reg de inspeccion, reg de mantenimientos

PROGRAMAS GESTION AMBIENTAL		CODIGO: DP-GPT036				
		VERSION:1				
		PAG: 1 DE 1				
PROGRAMA: control ecosistemico						
SUBPROGRAMA: adecuaciones paisajisticas						
RESPONSABLE GENERAL: Planta						
ASPECTOS AMBIENTALES ASOCIADOS: consumo de recursos, ocupacion de areas						
OBJETIVO AMBIENTAL ASOCIADO: favorecer la adaptacion de especies animales como aves e insectos polinizadores propios de la zona a los alrededores de la planta y darle un esquema paisajistico al proceso.		Fecha de Elaboracion				
		20/05/2017				
ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA DE EJECUCION	COSTO DETALLADO	METODO	INDICADOR DE CUMPLIMIENTO Y/O RESULTADO	REGISTRO GENERADO
realizar una linea base de flora y fauna propia de la zona de influencia de la planta	gagas	ago-17	\$ 2,000,000	según metodos de eia	POR EJECUTAR	eia
diseñar senderos ecologicos y sembrar especies florales para la adaptacion de especies de aves e insectos polinizadores	alta direccion	ago-17	\$ 5,000,000	según criterios de profesion al forestal	POR EJECUTAR	obra en planta
instalar estructuras para la alimentacion de especies de aves en los alrededores de la planta	alta direccion	ago-17	\$ 1,000,000	según maestro de obra civil	POR EJECUTAR	obra en planta

Anexo 3. Matriz de impacto ambiental del primer horno incinerador.

ACTIVIDAD	ASPECTO	IMPACTO	NAT	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	IMPORTANCIA	IMPACTO
Oficinas, Mantenimiento planta, Tratamiento de residuos	Consumo de papel, energía, gas, agua potable, insumos	Agotamiento de recursos naturales	NEGATIVO (-)	4	2	2	4	2	2	4	1	4	2	37	MODERADO
Transporte de residuos	Consumo de combustibles fósiles	Agotamiento de recursos naturales no renovables	NEGATIVO (-)	2	2	2	4	4	2	4	1	4	8	39	MODERADO
Tratamiento de residuos	Reutilización de aguas de proceso	Aprovechamiento de residuos líquidos	POSITIVO (+)	1	2	4	4	1	2	4	4	4	1	31	MODERADO
Tratamiento de residuos por incineración, Comercialización de residuos aprovechables	Generación de energía, Comercialización de residuos aprovechables	Aprovechamiento de residuos sólidos	POSITIVO (+)	4	2	4	4	1	2	4	4	4	1	40	MODERADO
Tratamiento de residuos	Generación de ruido	Contaminación auditiva	NEGATIVO (-)	1	1	4	2	1	1	1	4	2	1	21	IRRELEVANTE
Oficinas, Mantenimiento planta, Tratamiento de residuos	Generación de residuos líquidos no aprovechables y peligrosos	Contaminación del agua	NEGATIVO (-)	4	4	4	2	4	2	4	4	4	4	48	MODERADO
Transporte y tratamiento de residuos	Generación de emisiones, MP, gases de combustión	Contaminación del aire	NEGATIVO (-)	4	4	4	2	4	2	4	4	4	4	48	MODERADO
Oficinas, Mantenimiento planta, Tratamiento de residuos	Generación de residuos sólidos no aprovechables y peligrosos, cenizas de reactor, cenizas de combustión	Contaminación del suelo	NEGATIVO (-)	4	2	4	2	4	2	4	4	2	4	42	MODERADO
Almacenamiento de residuos	Ocupación de espacio	Deterioro paisajístico	NEGATIVO (-)	1	1	2	2	2	1	1	4	2	2	21	IRRELEVANTE
Manipulación y tratamiento de residuos	Riesgos a la salud, Generación de altas temperaturas	Enfermedad de los trabajadores	NEGATIVO (-)	4	1	2	2	2	2	4	4	1	2	33	MODERADO
Tratamiento de residuos	Generación de altas temperaturas	Incremento de la temperatura ambiental	NEGATIVO (-)	2	1	1	2	2	2	4	4	2	2	27	MODERADO
Tratamiento de residuos	Generación de empleo	Incremento económico	POSITIVO (+)	2	2	4	4	2	1	4	4	1	1	31	MODERADO