



Propuesta trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 1 de 93

**APLICACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA VALORACION AMBIENTAL Y
ECONOMICA DEL PROCESO DE POTABILIZACION DEL AGUA EN LAS
PLANTAS DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER**

Investigador Principal
SHAYIRA PAOLA DE LA HOZ CARRANZA
ESTUDIANTE INGENIERIA INDUSTRIAL
NANOSOST
Universidad de Pamplona

Director
Oscar Orlando Ortiz Rodríguez Ph.D
NANOSOST
Universidad de Pamplona

**NANOTECNOLOGIA Y GESTION SOSTENIBLE
INGENIERIA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

PAMPLONA, 06-17 de 2016



Propuesta trabajo de grado para optar por el
título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 2de 93

**APLICACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA VALORACION AMBIENTAL Y
ECONOMICA DEL PROCESO DE POTABILIZACION DEL AGUA EN LAS
PLANTAS DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER**

Investigador Principal
SHAYIRA PAOLA DE LA HOZ CARRANZA
ESTUDIANTE INGENIERIA INDUSTRIAL
NANOSOST
Universidad de Pamplona

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera
Industrial**

Director
Oscar Orlando Ortiz Rodríguez Ph.D
NANOSOST
Universidad de Pamplona

**NANOTECNOLOGIA Y GESTION SOSTENIBLE
INGENIERIA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
PAMPLONA, 06-17 de 2016**



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 3de 93

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Código 00

Página 4de 93

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación en nanotecnología y gestión sostenible de la universidad de pamplona por permitirme realizar esta investigación; a su equipo interdisciplinario por los aportes realizados y a su director Oscar Orlando Ortiz por su acompañamiento en el desarrollo de la temática de esta investigación.

A todos los docentes del programa ingeniería industrial por regalarme sus conocimientos a lo largo de este proceso académico.

A mis jurados por sus aportes durante el desarrollo de esta tesis.



DEDICATORIA

**A DIOS por brindarme la capacidad y sabiduría necesaria para
afrontar las adversidades que se han presentado al transcurrir
el tiempo y en especial por permitir que una de mis metas
se cumpliera.**

**A mi familia por su constancia, apoyo y entrega,
Ustedes mi mayor bendición.**

A mis amigos por su apoyo.

**CUANDO LA GRATITUD ES TAN ABSOLUTA LAS PALABRAS SOBRAN
ALVARO MUTIS**



Tabla de contenido

	Pág.
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	12
2. RESUMEN DEL PROYECTO.....	13
3. INTRODUCCION	14
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
5. OBJETIVOS	16
5.1 GENERAL	16
5.2. ESPECÍFICOS	16
6. MARCO REFERENCIAL.....	17
6.1 MARCO CONTEXTUAL	17
6.2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE.....	18
5.3. MARCO LEGAL.....	23
7. METODOLOGIA	25
7.1. Etapa 1: Objetivos del diseño.....	25
7.2. Etapa 2: Fuentes de variaciones	25
7.3. Etapa 3: Unidades experimentales y caracterización.....	25
7.4. Etapa 4: Prueba piloto análisis fisicoquímico y microbiológico del proceso.....	25
7.5. Etapa 5: Esquema del modelo del diseño experimental.....	26
7.6 Etapa 6: Tamaño Muestral	27
7.7. Etapa 7: Valoración económica del proceso	27
8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
8.1. Recolección de la información.....	28
8.2. Fuentes de variaciones	29
8.3. Unidades experimentales y caracterización	31
8.3.1. Unidades experimentales Spss Statistics 20.....	31
8.3.2 Planta Cariongo.....	33
8.3.2.2. LCA MANAGER	45
8.3.2.2.1 Resultados obtenidos del software LCA MANAGER (indicadores ambientales).	45
8.3.3. Planta Monte-adentro	55
8.3.3.1. Spss Statistics 20.....	55
8.3.3.2. LCA MANAGER	63
8.3.3.2.1 Resultados obtenidos del software LCA MANAGER (indicadores ambientales).	63
9. COSTOS DEL PROCESO.....	72
9.1. Planta Cariongo.....	72
9.1.2 Insumo cloro gaseoso.....	72
9.1.3. Insumo hipoclorito de sodio.....	73



9.1.4. Insumo Energía	74
9.2. Monte-adentro	75
9.2.1 Insumo Clarifloc.....	75
9.2.2. Cloro gaseoso.....	75
9.2.3. Hipoclorito de sodio.....	75
9.2.4. Insumo energía.....	75
10. CORRELACIONES.....	76
11. PRUEBA PILOTO ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PROCESO.....	77
12. COSTO TOTAL PRODUCCION AGUA POTABLE.....	81
13. CONCLUSIONES	84
14. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO Y RECOMENDACIONES.....	85
15. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS	90
BIBLIOGRAFIA	91
ANEXOS	93



LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 0: Volumen de lodos plantas potabilizadoras de agua	22
Tabla 1: Datos organizados del insumo Clarifloc planta Cariongo	32
Tabla 2: Estadísticos descriptivos del insumo clarifloc para la planta cariongo	34
Tabla 3: Estadístico descriptivos insumo cloro gaseoso para la planta Cariongo	40
Tabla 4: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Cariongo	46
Tabla 5. Carga contaminante de los insumos en la etapa de coagulación para el impacto de Calentamiento Global. Planta Cariongo	48
Tabla 6. Carga contaminante de los insumos en la etapa de desinfección para el impacto de Calentamiento Global. Planta Cariongo	51
Tabla 7: Estadísticos descriptivos del insumo clarifloc para la planta monte-adentro	56
Tabla 8: Estadísticos descriptivos del insumo cloro gaseoso para la planta monte-adentro	61
Tabla 9: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta monte-adentro	63
Tabla 10: Carga contaminante de los insumos en la etapa de coagulación para el indicador de Calentamiento Global. Planta Monte-adentro	65
Tabla 11: Carga contaminante de los insumos en la etapa de desinfección para el indicador Calentamiento Global. Planta Monte-adentro	69
Tabla 12: Costo del insumo Clarifloc	72
Tabla 13: costo unitario nacional para el mercado regulado de la electricidad	73
Tabla 14: Correlación entre la sumatoria de las medias de los insumos, la carga contaminante y la cantidad de agua tratada	77
Tabla 15: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de captación.	78
Tabla 16: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de clarificación.	78
Tabla 17: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de almacenamiento	79
Tabla 18: Costo del insumo Clarifloc por planta	81
Tabla 19: costo del insumo cloro gaseoso	81
Tabla 20: costo del insumo hipoclorito de sodio.	81
Tabla 21: costo total del insumo energía	82
Tabla 22: costo total del proceso en cada planta	82



LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
Imagen 0: Ubicación espacial plantas potabilizadoras de Pamplona Norte de Santander	17
Imagen 1: Esquema general del sistema de tratamiento físico - químico para la potabilización del agua de la planta Cariongo	28
Imagen 2: Esquema general del sistema de tratamiento físico - químico para la potabilización del agua de la planta Monte-adentro	29
Imagen 3. Vista de datos desde el software Spss Statistics del insumo Clarifloc para planta Cariongo	33
Imagen 4: Vista de datos desde el software Spss Statistics del insumo cloro gaseoso para planta Cariongo	39
Imagen 5. Interfaz del software LCA MANAGER para el caso planta Cariongo	46
Imagen 6: Vista de datos del software Spss Statistics para el consumo del insumo Clarifloc en la planta monte-adentro	55
Imagen 7: Relación de consumo de energía planta Cariongo	74
Imagen 8: Relación de consumo de energía planta monte-adentro	74
Imagen 9: Vista de datos del software Spss Statistics de la sumatoria de las medias y los contaminantes de los insumos clarifloc y cloro gaseoso.	76



LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 0: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2012	30
Gráfica 1: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2013	30
Gráfica 2: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2014	31
Gráfica 3: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Cariongo año 2012	35
Gráfica 4: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Cariongo año 2013.	36
Gráfica 5: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Cariongo año 2014	37
Gráfica 6: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Cariongo año 2015.	38
Gráfica 7: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2012	41
Gráfica 8: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2013	42
Gráfica 9: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2014.	43
Gráfica 10: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2015.	44
Gráfica 11: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Cariongo	47
Gráfica 12: Indicador Calentamiento Global	48
Gráfica 13: Carga contaminante emitida por los insumos de la etapa de coagulación en la planta Cariongo	51
Gráfica 14: Carga contaminante emitida por los insumos de la etapa de desinfección en la planta Cariongo	54
Gráfica 15: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2012	57
Gráfica 16: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2013	58
Gráfica 17: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2014	59
Gráfica 18: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2015	60
Gráfica 19: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Monte-adentro	64
Gráfica 20: Indicador calentamiento global	65
Gráfica 21: Carga contaminante de los insumos en la etapa de desinfección para el indicador calentamiento global planta monte-adentro	68
Gráfica 22: Carga contaminante emitida por los insumos utilizados en la etapa de desinfección planta monte-adentro.	71



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 11 de 93

LISTA DE ANEXOS

Datos niveles de precipitación

Datos Spss statistics

Datos carga contaminante

Nota: para visualizar los anexos por favor remitirse a la carpeta adjunta a este documento.



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código

00

Página

12de 93

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título: APLICACIÓN EXPERIMENTAL PARA LA VALORACIÓN AMBIENTAL Y ECONOMICA DEL PROCESO DE POTABILIZACION DEL AGUA EN LAS PLANTAS DE PAMPLONA NORTE DE SANTANDER.

Nombre Investigador Principal: SHAYIRA PAOLA DE LA HOZ CARRANZA C.C. : 1094267191

E-mail: SHAYIRACARRANZA_91@HOTMAIL.COM

Teléfono: 3123807286

Dirección de Correspondencia:

Nombre Grupo(s) de Investigación	Cód. GrupLAC	Clasificación	# Investigadores
NANOSOST	0001646208201509011		1

Línea de Investigación: gestión sostenible

Entidad: **UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**
NIT: 9805015110-4

Representante Legal:

Cédula de C.# :
De:

Dirección: Ciudad Universitaria; Km 1 Vía Bucaramanga

E-mail:
rectoria@unipamplona.edu.co

Teléfonos: 57-5685303 Ext. 103

Fax: 57-5685303 Ext. 103

Ciudad: Pamplona

Departamento: Norte de Santander

Tipo de Entidad: Universidad Pública

Tipo de Contribuyente: Entidad Estatal

Lugar de Ejecución del Proyecto: PAMPLONA NORTE DE SANTANDER

Duración de Proyecto (en meses): 7 meses

Tipo de Proyecto: PASANTIAS DE INVESTIGACION

Investigación
Básica: X

Investigación Aplicada:

Desarrollo Experimental:



2. RESUMEN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene un alcance científico-técnico real ya que cuenta con el soporte técnico de la empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A. Este proyecto trata sobre la aplicación experimental para la valoración ambiental y económica del proceso de potabilización del agua en las plantas de potabilización localizadas en el municipio de Pamplona Norte de Santander. Este proyecto surge de un macro proyecto titulado “Análisis del ciclo de vida del proceso de potabilización del agua en las plantas de potabilización Cariongo y Monte-adentro ubicadas en Pamplona N. de S”; proyecto avalado y financiado por la vicerrectoría de investigaciones de la Universidad de Pamplona convocatoria interna 2015 en el grupo de investigación NANOSOST.

El presente surge por la necesidad de una correcta gestión de los procesos de potabilización del agua que estén encaminados a cumplir lo que establece el séptimo Objetivo de Desarrollo del Milenio (ODM) por medio del desarrollo sostenible. Debido a que los procesos de potabilización del agua cuentan con etapas donde se realizan eliminación de gravas, solidos suspendidos, sedimentos; convirtiéndose en un servicio básico que se presta en centros urbanos de todo el mundo y en gran parte en poblaciones rurales. Así mismo, con la actual demanda del consumo de agua potable se hace necesario manejar planes de acción que permita hacer este proceso de manera sustentable y amigable con el medio ambiente por ende se plantearon estrategias de mitigación al impacto ambiental del proceso por medio del análisis experimental para obtener valores del impacto ambiental calentamiento global permitiendo tener una producción de agua potable, amigable con el medio ambiente. (Nanosost 2015).

Palabras claves: Diseño experimental, potabilización del agua, ciclo de vida, costo, estadísticos descriptivos.



3. INTRODUCCION

El agua es de vital importancia para preservar la vida y el continuo desarrollo de la humanidad, por este motivo con el pasar de los años nos hemos visto en la imperiosa necesidad de crear mejores técnicas en el desarrollo de la potabilización del agua; en el desarrollo de este proceso se utilizan en algunos casos métodos convencionales los cuales siempre están basados en tratamientos físicos y químicos y en algunos casos microbiológicos, estos requieren de insumos y energía para desarrollar dichos procesos, los cuales garantizan la calidad del agua para el consumo humano; dicho proceso ha llevado a generar residuos contaminantes al medio ambiente que han generado impacto ambiental y este se ha visto reflejados en los últimos años en el indicador calentamiento global.(Nanosost 2015).

Por dicha razón se realizara un estudio al impacto ambiental por medio del indicador calentamiento global utilizando el software LCA MANAGER el cual es un software que permite obtener la evaluación ambiental basándose en la metodología del análisis del ciclo de vida para productos y procesos industriales; con la utilización del software encontraremos el impacto que se está generando al medio ambiente por medio de este proceso con el indicador calentamiento global para así poder analizar y tomar decisiones que contribuyan a mitigar el efecto causado y a mejorar dicho proceso.(Nanosost 2015).

Por medio de la estadística descriptiva se buscara las relaciones entre las variables incidentes de este proceso para luego analizar la incidencia medio-ambiental de cada etapa del proceso-, por medio de la aplicación de la base de datos ECOINVENT se obtendrá un inventario de este proceso que posteriormente se ingresara al software LCA MANAGER para de esta forma interpretar los factores recurrente en las etapas del proceso y así obtener soportes que permitan desarrollar eco innovación y hacer este proceso amigable con el medio ambiente; siempre y cuando estos estén soportados con herramientas económicas.



4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a la creciente demanda de agua potable y las técnicas convencionales utilizadas a lo largo del desarrollo de la humanidad este proceso está generando impactos ambientales directamente relacionados en el indicador calentamiento global se hace necesario replantear los procesos utilizados y permitirnos por medio de la implementación de la economía ambiental evaluar los costos directos.

Por esta razón se aplicara el diseño de experimentos esta es una herramienta estadística cuyo objetivo busca estudiar la utilización de un determinado tratamiento del proceso de potabilización del agua buscando realizar cambios significativos en dicho proceso; por medio de esta técnica estadística se identificaran y cuantificaran las causas de los impactos medio-ambientales. Para así buscar implementar mejoras en la calidad del proceso de potabilización del agua en las plantas de tratamiento ubicadas en el municipio de Pamplona Norte de Santander. Así mismo se quiere proponer alternativas de mitigación, estableciendo pautas relativas por medio de la manipulación de variables dependientes e independientes.



5. OBJETIVOS

5.1 GENERAL

- Aplicar el diseño experimental para la valoración ambiental y económica del proceso de potabilización del agua en las plantas de pamplona norte de Santander

5.2. ESPECÍFICOS

- Elaborar un diseño experimental en el proceso de potabilización del agua para identificar y cuantificar los impactos ambientales del calentamiento global del proceso de potabilización.
- Valorar ambiental y económicamente el proceso de potabilización del agua que permita disminuir el indicador ambiental del calentamiento global.



6. MARCO REFERENCIAL

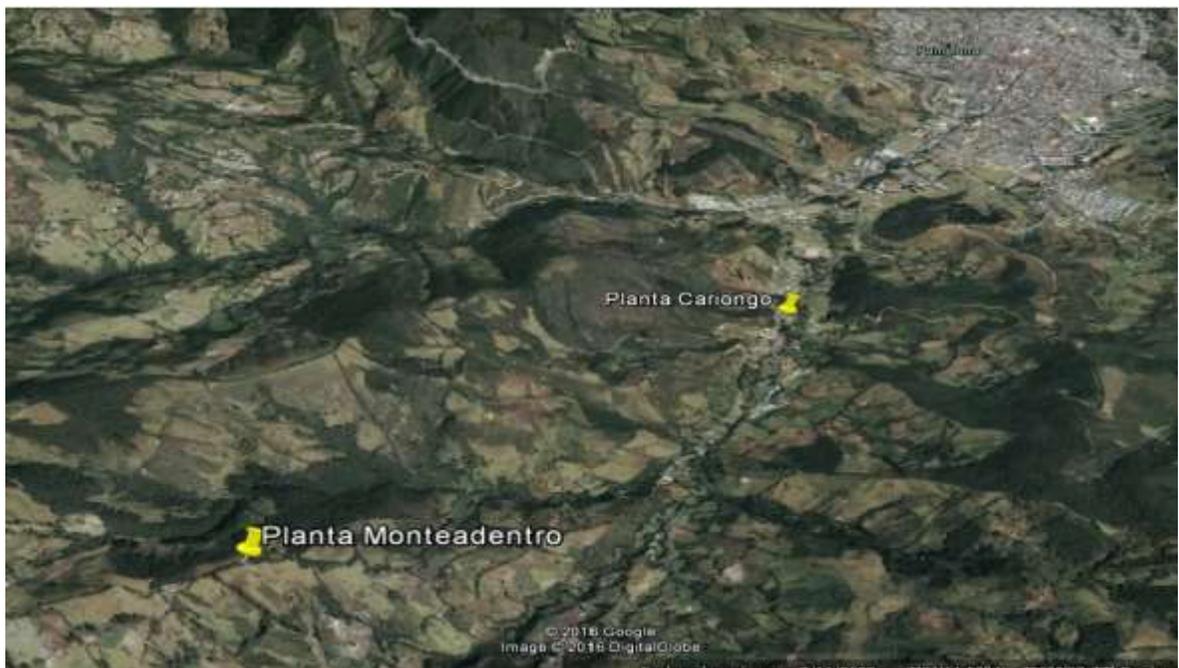
6.1 MARCO CONTEXTUAL

Pamplona norte de Santander la ubicamos en la región Nororiental colombiana exactamente en el departamento Norte de Santander.

El municipio de Pamplona limita al norte con Pamplonita y Cucutilla, al sur con los municipios de Cámeta y Mutiscua, al oriente con Labateca y al occidente con Cucutilla. (Página oficial pamplona 2016).

Ubicación espacial por medio de la aplicación Google Earth de las dos planta potabilizadoras de agua objetos de estudio en este proyecto.

Imagen 0: ubicación espacial plantas potabilizadoras de Pamplona Norte de Santander.



Fuente: Google Earth 2016.



6.2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE.

El diseño experimental plantea un conjunto de pruebas lo cual permite que una serie de datos sean analizados estadísticamente para obtener conclusiones válidas. Por medio del diseño experimental se busca establecer un conjunto de circunstancias causa-efecto bajo circunstancias específicas, donde se busca observar, medir y evaluar los resultados obtenidos. (Díaz 2014/avaco).

Sin lugar a dudas cada investigación posee características específicas lo cual hace que la aplicación sea única por tal motivo el investigador tendrá claridad acerca de los principios y características de cada uno de los diseños. (Diaz2014).

En el estudio de un diseño experimental no se trabajan con variables exógenas esto permitirá obtener resultados confiables de tal manera que al momento de formalizar la investigación el modelo escogido se ajuste a las condiciones del entorno. (Díaz 2014).

En este método estadístico es importante definir el tamaño de la unidad experimental y el marco de referencia por unidad de estudio, esto permitirá aumentar el nivel de confianza de la investigación para determinar los factores y las variables se tendrán en cuenta efectos del muestreo y la confianza de métodos de pruebas al igual que las limitaciones del talento humano, el tiempo, costo, materiales y condiciones del lugar. (Díaz 2014).

El consumo del agua y su incorrecta utilización con el transcurrir de los años la han convertido en un bien escaso.

En la actualidad la tierra cuenta con un 71% de agua en su superficie pero solo es apta para el consumo humano el 2.5% por dicha razón se crea el principio de economía ambiental la cual propone un conjunto de instrumentos económicos, cuyo análisis se centra en la escasez de los bienes ambientales, donde son valorados según su abundancia de tal manera que los bienes escasos son considerados bienes económicos, mientras que los abundantes, no son económicos (por no poseer precio). (Ecolísima 2015).

En gran medida los recursos naturales vienen adquiriendo un estatus de bien económico, como es el caso de algunas fuentes de energía no renovable y el agua, la cual comienza a escasear y tiende a agotarse, es por este motivo algunos recursos medio ambientales pasan a tener características de bien económico, lo cual quiere decir que pasa a tener precio y/o derecho de propiedad. (Ecolísima 2015).



La importancia de la economía ambiental se centra en la optimización de recursos, optimización de medios de gestión ambiental, optimización de instrumentos para lograr el desarrollo sustentable, posibles acciones para proteger el medio-ambiente y análisis de costo- efectividad de nuevos proyectos a largo plazo.(Ecolísima 2015).

Con una correcta gestión de los recursos naturales se facilita si se cuenta con una valoración económica de los mismos, en muchos casos difícil de cuantificar debido a que algunos recursos naturales no tienen establecidos un precio en el mercado; hablar de un buen estado de la economía es referirse a lo eficiente que se está siendo con los recursos disponibles por tal motivo la ingeniería económica por medio de la economía ambiental permite desarrollar un estudio de los problemas ambientales lo cual permite desarrollar un estudio de los problemas ambientales por medio de herramientas las cuales permiten una visión de la economía normalizando las relaciones entre el sistema de producción- consumo y el ecosistema de tal manera que el primero pueda seguir utilizando los bienes y servicios que proporcionan el segundo, generación tras generación.(Ecolísima 2015).

Se evaluarán los costos implicados en la producción de agua potable para realizar el costo-efectividad de este proceso.

Según información suministrada por la empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.El sistema de acueducto de las plantas de tratamiento, "cuenta con 2 captaciones de dos fuentes superficiales: El Rosal o el Volcán y Cariongo o Monte adentro. Ambos métodos de potabilización que se emplean en las plantas son convencionales de potabilización. (Empopamplona E.S.P).

El proceso de Desarenación: Cuenta con una estructura destinada a la retención en corto tiempo de los sólidos más pesados que se encuentran en el agua como arena, grava, lodo y adicionalmente los sólidos flotantes (basuras). El propósito es reducir el volumen de sólidos que ingresan a la planta, eliminar interferencia en los procesos y operaciones siguientes y evitar daños y obstrucciones en tuberías y equipos. Por lo general se localiza en el primer tramo de la aducción, lo más cerca posible de la captación de agua.

En cuanto a la dosificación de químicos es una actividad en la que se utiliza el coagulante (Clarifloc) que neutraliza las cargas de las partículas en suspensión permitiendo su aglutinamiento para así formar partículas de mayor tamaño y densidad que sedimenten con mayor facilidad. Cuando la turbidez del agua incrementa sustancialmente se utiliza policloruro de aluminio que tiene el mismo efecto del Clarifloc, ayuda a la clarificación del agua.



La etapa de floculación consiste en que después de que el coagulante se ha mezclado y coagulado en el agua empiezan a adherirse y aglutinarse las partículas difíciles de sedimentar dando lugar a la formación de flocs. Para que dichos flocs aumenten de tamaño y adquieran suficiente peso que les permita sedimentarse es necesario someter el agua a una agitación lenta decreciente, el periodo de retención debe estar entre 30 y 60 minutos.

La sedimentación consiste en la remoción de partículas (flocs) formadas en la Floculación que se depositan en el fondo del sedimentador por su propio peso gracias a la acción de la gravedad. Con la sedimentación se produce la clarificación del agua. La planta cuenta con dos sedimentadores rectangulares, hechos en concreto que constan de las siguientes zonas: (Empopamplona E.S.P).

- Zona de entrada: hace que se dé un tránsito suave entre el flujo de agua que entra y el que se necesita en la zona de sedimentación.
- Zona de lodos: Recibe el material sedimentado que debe ser drenado posteriormente.
- Zona de sedimentación: es la parte del tanque para asentamiento.
- Zona de clarificación. Retiene algunas partículas que logran pasar la sedimentación por el sistema de rebose, contienen láminas de asbesto cemento de un cm de espesor colocadas a sesenta grados cada siete cm.
- Zona de salida: Contribuye a que se le dé un tránsito suave entre la zona de clarificación y el flujo de salida.

Adicionalmente, cuenta con dos sedimentadores acelerados o de alta tasa, que por medio de placas paralelas completan la remoción de las partículas.

La filtración consiste en retener las partículas suspendidas y coloidales que no se sedimentaron, haciéndolas pasar a través de un medio poroso, la filtración es una de las principales operaciones del tratamiento de aguas. Su función es la remoción de bacterias, la eficiencia de este proceso depende de la granulometría de la arena y remoción de la turbiedad.

La desinfección es la aplicación directa al agua de Cloro Gaseoso para eliminar agentes patógenos, capaces de producir infección o enfermedad en el organismo del ser humano, con la desinfección se logra la destrucción o por lo menos la desactivación de los pequeños organismos dañinos patógenos presentes en el agua, tales como: bacterias, protozoos, virus y otros organismos patógenos.

En la planta de tratamiento existe la siguiente maquinaria para la aplicación de cloro gaseoso: 2 cilindros de una tonelada de cloro gaseoso, válvula de admisión de cloro, detector de cloro, un eyector y conexiones flexibles.

La desinfección con cloro se realiza por las siguientes razones:

- Está disponible como gas o líquido.
- Es comparativamente económico.



- La aplicación es relativamente fácil porque la solubilidad de cloro en agua puede considerarse alta, pues del orden de 7000 mg/l a 20 °C y a 1 atm de presión.
- Permite dejar cloro residual en el agua que actúa como protección contra una posible contaminación en la red de distribución.
- Tiene poder bactericida bastante alto.
- Es un elemento oxidante poderoso.

Aunque se debe tener mucho cuidado con su manejo por ser un gas venenoso, es altamente corrosivo en solución, y puede formar con los compuestos orgánicos otras sustancias que le dan mal sabor al agua. (NANOSOST 2015).

Finalmente, con respecto al almacenamiento en la plantas de tratamiento son las partes fundamentales que integran un sistema de acueducto, la distribución representa frecuentemente más del 60% de su costo total. Para garantizar un eficiente servicio es necesario contar con depósitos de almacenamiento, que sean suficientes para abastecer la demanda de máximo consumo que se presente durante el día. Los tanques de almacenamiento son un componente esenciales y su propósito fundamental es proveer una cantidad adecuada en las demandas requeridas. (Empopamplona E.S.P).

¿Qué es el ozono?

Es la forma más activa del oxígeno enriquecido su fórmula química es O_3 , debido a esto es capaz de destruir virus, bacterias, parásitos, priones, hongos, mohos, esporas y otros muchos contaminantes por oxidación en pocos segundos; por lo tanto la purificación se da mediante oxidación química. (Saneamiento Boadillo2010).

El método de desinfección por ozonización consiste en agregar cantidades suficientes de ozono lo más rápido posible. Los procesos de desinfección por ozono normalmente tratan de mantener un residual mínimo de 0,4 a 0,5 ppm después de 10 a 20 minutos de contacto con el agua.

Antecedentes

El ozono debido a su alto poder oxidante, es utilizado en la potabilización de agua siendo más eficiente que el clorado en la inactivación de microorganismo y virus. A partir de su descubrimiento se extendió principalmente en Europa y Rusia, las primeras referencias en abastecimiento, se obtienen en la ciudad de Nice en 1.906, experiencias germicidas de Meritens, en Francia, en 1.986, y a la planta piloto para aguas de bebida instalada en 1.981 en Martinikenfeld (Alemania). En Estados Unidos el interés por el ozono nace en 1.970. Entre las ventajas del ozono, podemos anotar la oxidación de la materia orgánica en sus múltiples facetas nocivas o simplemente molestas, oxidación de inorgánicos contaminantes,



control organoléptico, turbiedad, protección contra algas y otros; todo esto marginalmente a su utilidad desinfectante. En lo referente a su actuación microbiana que es el objetivo primario de su empleo, podemos referirnos separadamente a bacteria y virus. Hablando de bacteria probablemente por un proceso de oxidación catalítica, se produce su destrucción independientemente de la presencia de amoníaco en el agua. Frente a esporas y quistes aparecen más activos que el cloro, si se aplica ambos sus respectivas condiciones óptimas, actuando con menos dependencia de las variaciones influyentes, como temperatura y PH. Frente lo que cabe anotar el virus como de poliomielitis, refiriéndose que manteniendo 0.4 mg/l. durante 4 minutos, el nivel de actividad llega a 99.99%.(Boadilla 2010).

En Colombia en cuanto a la producción a gran escala del agua potable en la web no hay registro de que alguna empresa este implementando el tratamiento de agua potable por medio de este método de ozonación.

En el norte de Santander no existen evidencias de que el agua se esté tratando con este método.

Hay que tener en cuenta que este proceso está generando un residuo llamada lodo (barro) este se está produciendo a razón de ver tabla 0.

Tabla 0: Volumen de lodos plantas potabilizadoras de agua

Nombre de la planta	Volumen (m3)
Planta Cariongo	368
Planta Monte-adentro	105

Fuente: EMPOPAMPLONA S.A. E.S.P.

Por medio de revisión bibliográfica se encontró que este lodo se está utilizando en la producción de material cerámico y compostaje a continuación se cita algunos de estos y así revisar el marco referencial.

Hace algunos años las plantas de tratamiento de agua potable solo centraban su interés en la producción del agua, no prestando mucha atención a los lodos que se producían en los decantadores y en el lavado de filtros, consideraban que estos lodos eran producidos por agentes propios de las agua naturales o aguas brutas, tales como arcilla, arenas finas o limos. (RAMIREZ 2008).

Debido a la gran demanda de este líquido, este se ha venido degradando y a la vez se ha tomado mayor conciencia ambiental y legislativa por ende se hace



necesario que está entidades tomen conciencia de las repercusiones que está generando el residuo de su proceso a los afluentes.

Los residuos que dejan este proceso son clasificados de la siguiente manera Residuos de coagulación/ floculación generados principalmente en los decantadores y en los filtros.

Residuos de procesos de posibles ablandamientos.

Residuos de la eliminación del hierro, del potasio y del permanganato.

Estos residuos son retenidos por los decantadores y los filtros. (RAMIREZ 2008)

Necesidad del tratamiento de lodos en las plantas potabilizadoras de agua

La descarga de estos residuos en los cuerpos hídricos llega indicar problemas de gran relevancia, ya que estos residuos son formados de manera inorgánica, van formando depósitos o banco de fangos en los tramos lento del cauce, esto genera en las aguas receptoras mayor turbidez y color; esto contribuye al impacto ambiental lo cual disminuye la actividad fotosintética de las plantas, además generas otros impacto al medio ambiente, por lo tanto se hace necesario extraer los residuos sólidos antes de verterlos a los cauces.(RAMIREZ 2008).

5.3. MARCO LEGAL

Decreto número 1575 de 2007 (mayo 9) ministerio de la protección social por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano. (Ministerio de la protección social 2007).

Resolución 2115 de 2007 Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano

RAS 2000

Reglamento técnico para el sector agua potable y saneamiento básico. El Reglamento técnico fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y sus actividades complementarias, señaladas en el artículo 14, numerales 14.19, 14.22, 14.23 y 14.24 de la Ley 142 de 1994, que adelanten las entidades prestadoras de los servicios públicos municipales de acueducto, alcantarillado y aseo o quien haga sus veces. (Ministerio de vivienda y desarrollo territorial 2000).

Costos del proceso capitulo a7

Capítulo 13 manejo de lodos



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 24de 93

DECRETO 2667 DE 2012:

Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.



7. METODOLOGIA

7.1. Etapa 1: Objetivos del diseño

El objetivo de este diseño de experimentos es identificar y cuantificar los impactos ambientales del calentamiento global del proceso de potabilización; para así valorar ambiental y económicamente dicho proceso, permitiendo disminuir el indicador ambiental calentamiento global.

7.2. Etapa 2: Fuentes de variaciones

Se observaran las posibles fuentes de variación en este caso será el número de precipitaciones si afecta o tienen relación directa en los insumos utilizados para realizar dicho proceso; esta fuente se considerara nuisante debido a que no son de interés directo solamente se analizaran para comprobar que su correlación es regular con los insumos utilizados en el proceso.

Los factores de tratamiento utilizado serán cuantitativos lo cual nos permitirá conocer el grado de incidencia del indicador objeto de estudio en el medio ambiente.

7.3. Etapa 3: Unidades experimentales y caracterización.

Las unidades experimentales de este estudio serán determinadas por medio del tratamiento de las variables suministradas por la entidad objeto de estudio ; por lo tanto se trabajara la relación existente entre los kilogramos utilizados de insumo y los metros cúbicos de agua tratada; seguidamente por medio de la utilización de software de IBMM SPSS STATISTICS se procedió calcular los estadísticos descriptivos para así obtener los valores cuantitativos de cada una de las variables, luego se procede al análisis del inventario el cual se ejecuta con la base de datos ECOINVENT, en seguida de tener esta caracterización se utiliza el software

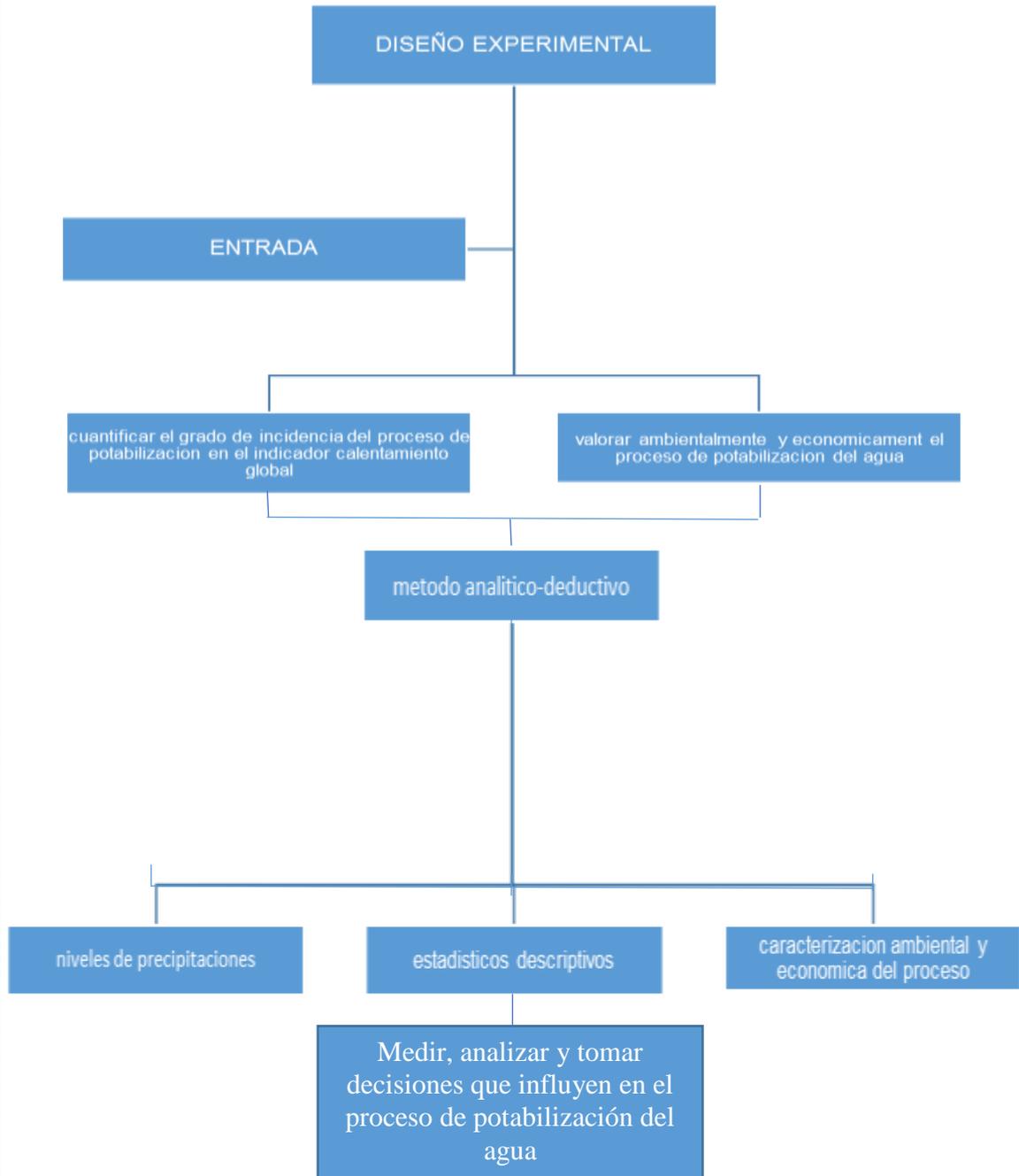
e LCA MANAGER que nos permite efectuar el análisis del impacto ambiental para proseguir a realizar la respectiva interpretación de resultados.

7.4. Etapa 4: Prueba piloto análisis fisicoquímico y microbiológico del proceso.

Se realizaron visitas técnicas a las plantas potabilizadas para corroborar que los datos suministrados por la empresa fueran exacta y así tener un mayor grado de confiabilidad, al mismo tiempo para establecer los puntos de muestra y revisar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua y observar que la relación entre las variable nuisante covariable y las variables constantes.



7.5. Etapa 5: Esquema del modelo del diseño experimental





7.6 Etapa 6: Tamaño Muestral

El tamaño muestral de esta investigación está dado por la autorización de la empresa objeto de estudio que solo facilito para el estudio datos desde el mes de enero de 2012 y junio del 2015 por lo tanto el tamaño muestral serán los datos recolectados durante los meses descritos anteriormente estas 41 muestras serán los kilogramos utilizados de insumo y las cantidades de agua tratada.

7.7. Etapa 7: Valoración económica del proceso

Se realizara la relación de los datos suministrados por la empresa de los kilogramos utilizados y el precio por kilogramo, esto nos permitirá tener el costo total del proceso.

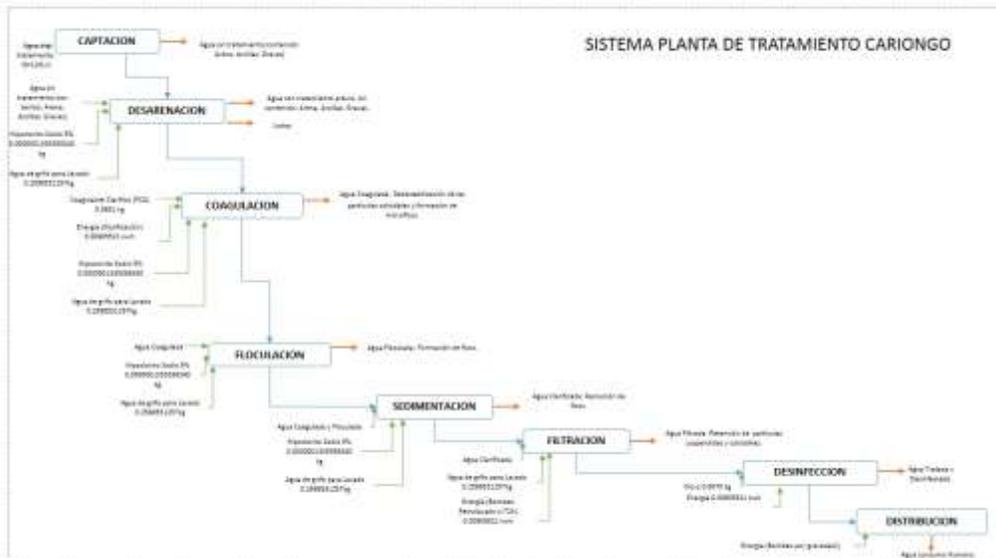


8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. Recolección de la información

Durante las pasantías se realizaron reuniones con la ingeniera química Iizeth López encargada de las plantas de potabilización para solicitar material documental del proceso, en el primer encuentro se permitió conocer las etapas, insumos y cantidad de los mismos utilizados en dichos proceso para así lograr el esquema general del sistema de tratamiento físico - químico para la potabilización del agua ver imagen 1 y 2:

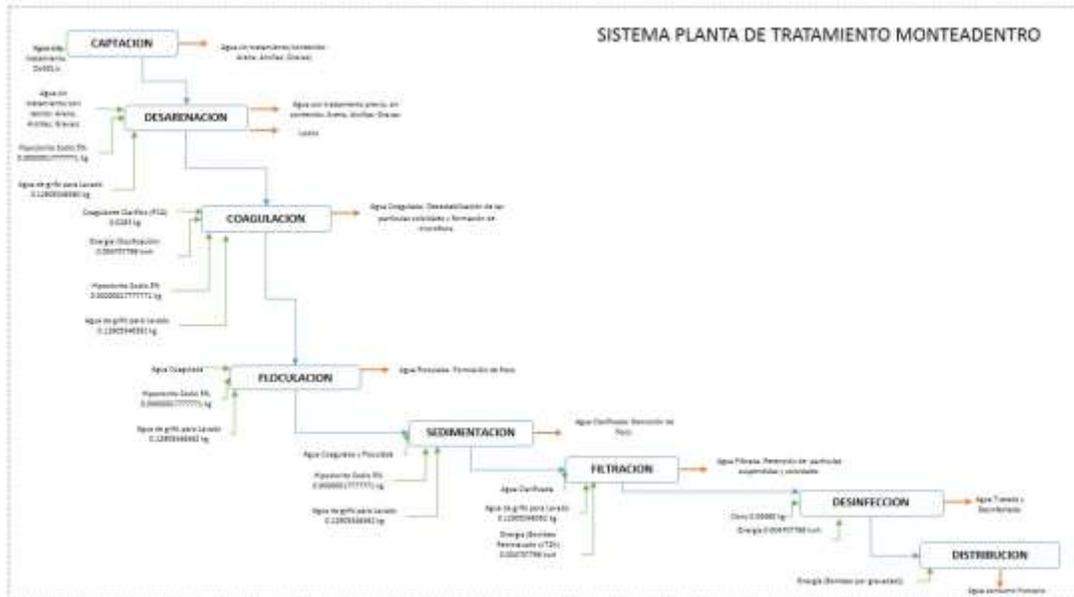
Imagen 1: Esquema general del sistema de tratamiento físico - químico para la potabilización del agua de la planta Cariongo:



Fuente: Empresa de servicios público EMPOPAMPLONA S.A, editado Nanosost 2015



Imagen 2: Esquema general del sistema de tratamiento físico - químico para la potabilización del agua de la planta Monte-adentro.



Fuente: Empresa de servicios público EMPOPAMPLONA S.A, editado Nanosost 2015.

Como se puede observar en la imagen 1 y 2 se tiene las diferentes etapas del proceso las cuales son captación, desarenación, coagulación, floculación, sedimentación, filtración, desinfección y distribución y las muestras se realizaron después del proceso de la etapa desarenación, sedimentación y desinfección ya que después de estas etapas se remueven partículas y se agregan químicos (insumos) para luego ser trasladadas al laboratorio de NANOSOST para realizar el análisis físico, químico y microbiológico por parte del personal competente en el tema.

8.2. Fuentes de variaciones

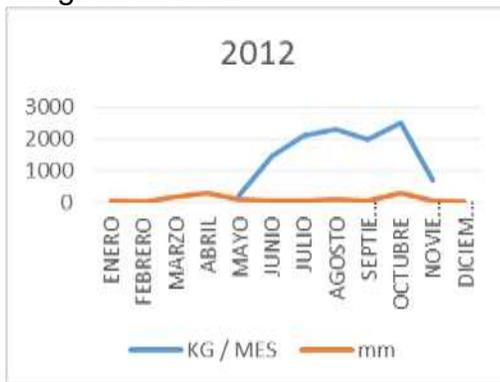
El primer paso para el planteamiento de diseño experimental fue corroborar que no existieran variables exógenas es decir por fuera del proceso que influyeran al momento de realizarlo por lo tanto se procedió a solicitar por medio del grupo de investigación NANOSOST UP al instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia (IDEAM) los datos meteorológicos de precipitaciones mensuales de los años 2012,2013,2014,2015 hasta el mes de junio para el año 2015 (datos parciales no se tuvieron en cuenta para realizar el estudio el año 2015), de la estación agro meteorológica ISER PAMPLONA, siendo este el referente para la zona de estudio se procedió a calcular la correlación entre los datos de precipitación mensuales de las zona y el consumo de insumos Clarifloc con el fin de demostrar que el número de precipitaciones no afectaba el proceso .



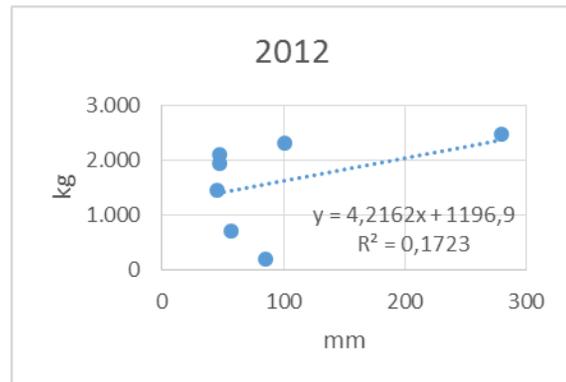
En las gráficas 0, 1 y 2 se aprecian la relación grafica (parte izquierda) y la relación matemática obtenida entre los valores de precipitación y valores de consumos en planta del Clarifloc (parte derecha).

En la gráfica 0 se observa que el valor numérico de la correlación es mínima entre los valores debido a la dispersión del conjunto de datos de ese año, lo cual se puede corroborar al observar la distribución grafica; en cuanto a las gráficas 2 y 3 la correlación de los datos de los años 2013 y 2014 se observa una correlación regular las cuales representan un valor 0.6388 y 0.7976 respectivamente.

Gráfica 0: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2012

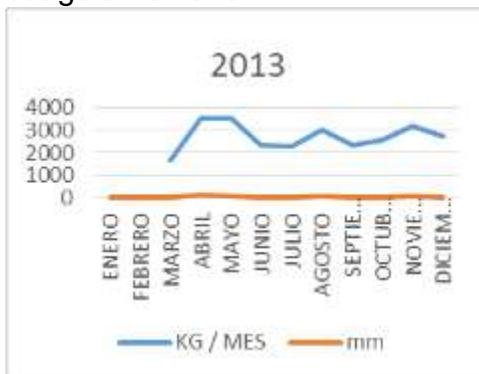


Fuente: Nanosost 2015

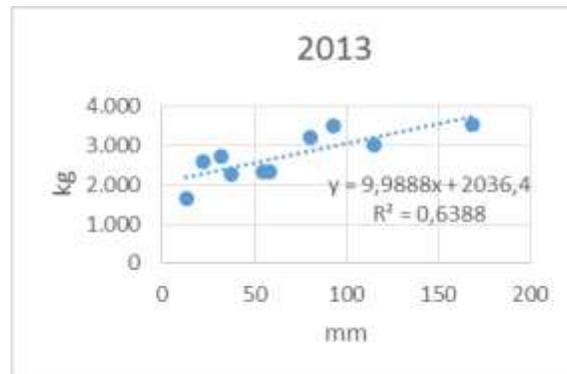


Fuente: Nanosost 2015

Gráfica 1: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2013



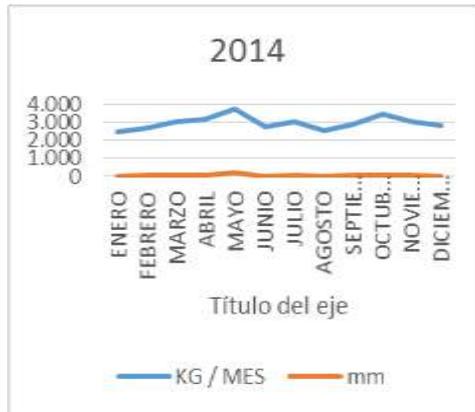
Fuente: Nanosost 2015



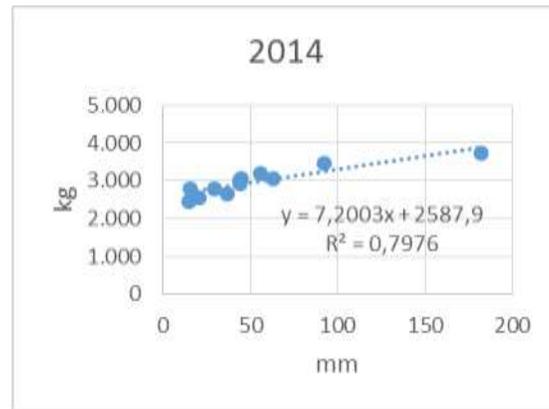
Fuente: Nanosost 2015



Gráfica 2: Relación entre niveles de precipitación y consumo en planta de coagulante 2014.



Fuente: Nanosost 2015



Fuente: Nanosost 2015

De la descripción realizada anteriormente se puede deducir que estas variable exógena no presenta mayor grado de asociación por ende no se verá afectado el siguiente estudio experimental en cuanto a la agregación de insumos solo aumentara el nivel de lodos recolectados.

Por lo tanto las variable exógena en este caso número de precipitaciones no cambia el proceso debido siempre ingresa la misma cantidad de agua para empezar el proceso ya que esto está definido en la capacidad de la plantas potabilizadoras.

8.3. Unidades experimentales y caracterización

8.3.1. Unidades experimentales Spss Statistics 20.

Luego de organizar los datos suministrados en la etapa 1 se procede a su respectiva tabulación en Microsoft Excel los datos suministrados fueron insumos, cantidad de insumos utilizados dados en kilogramos/mes y los metros cúbicos tratados dados en m3/ mes para mayor ilustración ver tabla 1.



Tabla 1. Datos organizados del insumo Clarifloc planta Cariongo.

DATOS DEL INSUMO CLARIFLOC DE LA PLANTA CARIONGO												
AÑO	2012			2013			2014			2015		
MES	KG/MES	M3/MES	KG/M3									
ENERO							2.450	178.273	0,0137	2.825	167.411	0,0169
FEBRERO							2.650	170.440	0,0155	2.575	156.172	0,0165
MARZO				1.650	169.914	0,0097	3.050	187.884	0,0162	4.200	201.928	0,0208
ABRIL				3.525	167.861	0,0210	3.200	178.722	0,0179	3.675	179.309	0,0205
MAYO	200	157.230	0,0013	3.500	160.186	0,0218	3.725	196.870	0,0189	3.275	183.112	0,0179
JUNIO	1.450	157.054	0,0092	2.325	143.757	0,0162	2.775	167.656	0,0166	4.725	164.729	0,0287
JULIO	2.100	163.671	0,0128	2.275	143.449	0,0159	3.025	154.397	0,0196			
AGOSTO	2.300	162.523	0,0142	3.000	150.048	0,0200	2.550	156.546	0,0163			
SEPTIEMBR	1.950	147.741	0,0132	2.325	151.130	0,0154	2.925	169.655	0,0172			
OCTUBRE	2.475	176.032	0,0141	2.575	170.242	0,0151	3.475	163.584	0,0212			
NOVIEMBRE	700	170.520	0,0041	3.200	203.432	0,0157	3.050	158.558	0,0192			
DCIEMBRE				2.725	179.390	0,0152	2.800	161.968	0,0173			

Fuente: empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.

Nota: este mismo procedimiento se realizó para el insumo cloro gaseoso en cada uno de las plantas objetos de estudio. Ver anexos 1

Cabe precisar que de los datos registrados en la Tabla 1 la empresa suministro los kg utilizados por mes (kg/mes) y los metros cúbicos utilizados por mes (m3/mes) la variable kg por metro cubico se obtuvo de la siguiente relación: división de los kg/mes entre los m³/mes obteniendo la variable kg/m³, la cual ha sido tomada como el parámetro de estudio ya que en esta se relacionan los kg utilizados de cada insumo con los m3 tratado con dicha cantidad.

$$\frac{\frac{kg}{mes}}{\frac{m3}{mes}} = \frac{kg}{m3}$$

Para ingresar la caracterización al software LCA MANAGER y así obtener la carga contaminante del proceso se debe conocer qué tipo de agua se está produciendo según la base de datos de ECOINVENT en su inventario se encontraron los tipos de agua de grifo : (tap_water_CA_QC_market_for_tap_water) y (tap_water_CH_market_for_tap_water), los cuales sus cargas son llevadas al software LCA MANAGER el cual nos permite tener un valor total por carga contaminante de 0,054390469 y 0,25985312.

Para realizar el inventario de impactos medio-ambientales producidos en las diferentes etapas del proceso de potabilización se tomara la variable tap_water_CH_mrket_for_tap_water como el parámetro de tipo de agua.



ESTADISTICOS DESCRIPTIVOS

8.3.2 Planta Cariongo

8.3.2.1 Spss Statistics 20

8.3.2.1.1. Insumo Clarifloc

Imagen 3: vista de datos del software Spss Statistics de consumo del insumo clarifloc para la planta cariongo.

	area	kg_m32012	kg_m32013	kg_m32014	kg_m32015
1	1			.0137	.0169
2	2			.0155	.0165
3	3		.0097	.0162	.0165
4	4		.0210	.0179	.0208
5	5	.0013	.0218	.0189	.0205
6	6	.0025	.0162	.0166	.0175
7	7	.0128	.0159	.0196	.0207
8	8	.0142	.0200	.0163	
9	9	.0132	.0154	.0172	
10	10	.0141	.0151	.0212	
11	11	.0041	.0157	.0192	
12	12		.0152	.0173	
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					

Fuente: SPSS STATITICS 20

En la imagen 3 se observa el consumo de kg/m³ utilizado en la planta cariongo del insumo clarifloc datos que fueron suministrados por la empresa empopamplona s.a digitados en el el software spss statistics para asi proseguir a calcular los estadisticos descriptivos, los cuales nos permitiran desarrollar el analisis por medio del software LCA MANAGER, estos se hallaron cumpliendo una secuencia de pasos logicos dentro del software de IBM, tales como seleccionar la opcion analizar, datos estadisticos, media ,mediana,moda,desviacion,asimetria.

Para obtener la siguiente tabla de frecuencia



Tabla 2: Estadísticos descriptivos del insumo clarifloc para la planta cariongo

Estadísticos

		kg_m3201 2	kg_m3201 3	kg_m3201 4	kg_m3201 5
N	Válidos	7	10	12	7
	Perdidos	5	2	0	5
	Media	,008943	,016600	,017467	,019686
	Mediana	,012800 ^a	,015800 ^a	,017250 ^a	,017900 ^a
	Moda	,0013 ^b	,0097 ^b	,0137 ^b	,0165
	Desv. típ.	,0058540	,0035384	,0020362	,0043667
	Varianza	,000	,000	,000	,000
	Asimetría	-,423	-,227	,060	1,800
	Error típ. de asimetría	,794	,687	,637	,794
	Curtosis	-2,493	,559	,087	3,432
	Error típ. de curtosis	1,587	1,334	1,232	1,587
	Rango	,0129	,0121	,0075	,0122
	Mínimo	,0013	,0097	,0137	,0165
	Máximo	,0142	,0218	,0212	,0287
	Percentile 25	,003200 ^c	,015200 ^c	,016250 ^c	,016700 ^c
	Percentile 75	,013875	,020000	,019050	,020725

Fuente: SPSS STATISTICS 20

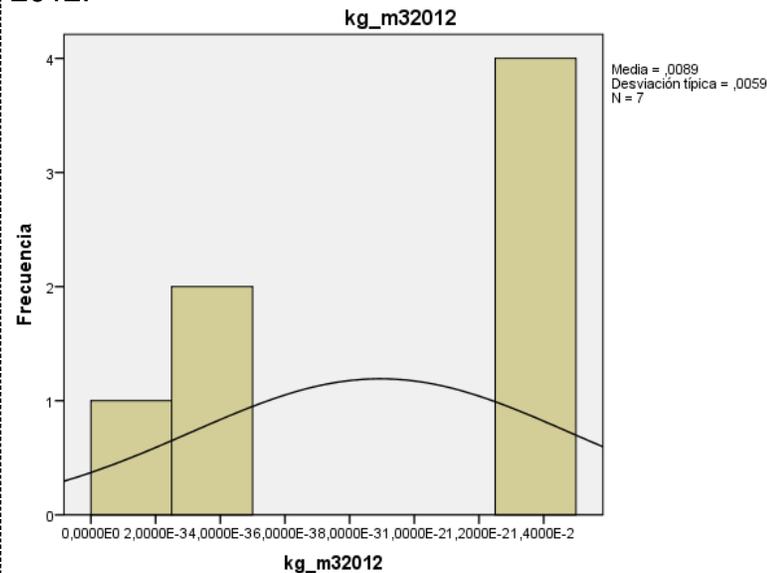
En la tabla 2 se puede observar el año 2012 presenta media de 0.0089 con una variabilidad de 0.05854 (desviación típica) el 50% de los datos está por debajo del 0.0128 (mediana) y el otro 50% por encima; entre el mes que más se utiliza kilogramos de Clarifloc y el que menos utiliza presenta una diferencia de 0.0129 kg por mes (rango).

Además se observan en la información del cuadro que el 50% de los meses analizados están comprendidos entre el 0.003200 y el 0.13875 (percentiles 25 y 75).



La distribución de los kg/m³ para cada mes podemos observar que se presenta una ligera asimetría negativa (tabla 2) y una curtosis platicúrtica es decir su valor está por debajo de cero y la campana de gauss no se comporta de manera normal (gráfica 3).

Gráfica 3: histograma de asimetría consumo de Clarifloc planta Cariongo año 2012.



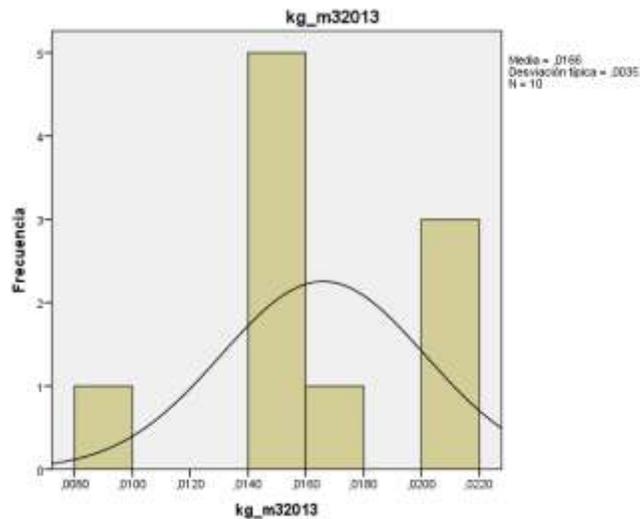
Fuente: SPSS STATISTICS 20

Año 2013 en la tabla 2 se observa un promedio de 0.016600 con una variabilidad de 0.0035384 entre sus datos, dentro del lugar central de todos sus datos se obtiene un valor de 0.015800 y el valor que más se repite entre los datos para este año es de 0.0097 (moda) obteniendo un intervalo entre el valor máximo y el mínimo de 0.0121.

Los datos para este año está el 50 % de los meses están comprendidos entre el 0.015200 y el 0.20000. La distribución de los kg/mes para cada mes observado en la gráfica 4 se muestra una ligera asimetría positiva y una curtosis con distribución leptocúrtica.



Gráfica 4: Histograma de asimetría consumo de Clarifloc planta Cariongo año 2013.



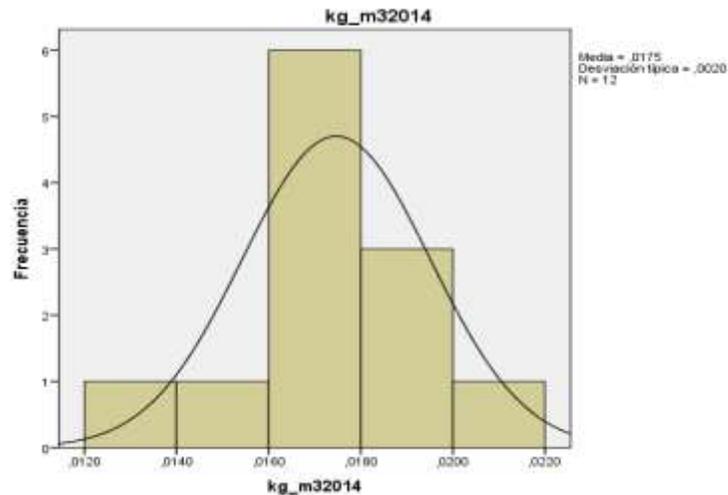
Fuente: SPSS STATISTICS 20

Año 2014 presenta validez en el 100% de sus datos la media aritmética es de 0.017467 con una variabilidad de 0.0020362, el valor que más se repite es 0.0137 la mitad de los datos están por debajo de 0.017250 y la otra mitad por encima, el valor máximo y el valor mínimo presentan una diferencia de 0.0028.

Según la gráfica 5 se observa que los datos analizados presentan una distribución leptocúrtica la campana de gauss presenta una curva leptocúrtica debido a los datos presentan un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales.



Grafica 5: Histograma de asimetría consumo de Clarifloc planta Cariongo año 2014.

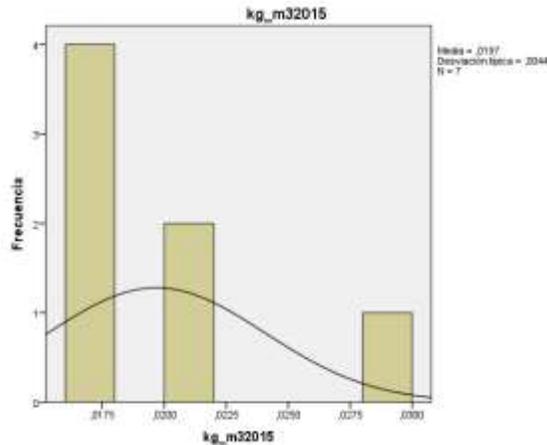


Fuente: SPSS STATISTICS 20.

Año 2015 se analizaron los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio los cuales tienen una validez en todos sus datos, presentan una media aritmética entre los datos de 0.019686 presentan una variabilidad 0,0043667 el valor que más se repite para este año es de 0.0165 y entre el mes que más utiliza kg de Clarifloc en relación con los metros cúbicos de agua tratada y el que menos hay una diferencia de 0.004025 kg por metros cúbicos para este año, este año presenta una curtosis positiva a esto se debe que la curva de distribución sea leptocúrtica (gráfica 6) y sus datos presentan una asimetría de 1,800.



Grafica 6: Histograma de asimetría consumo de Clarifloc planta Cariongo año 2015.



Fuente: SPSS STATISTICS

Luego de obtener todos estadísticos descriptivos se suman las medias obteniendo un valor de 0,06 para ser ingresado a la interfaz del software LCA MANAGER para por medio de la caracterización obtener los valores para el indicador calentamiento global, para la planta Cariongo en cuanto al insumo Clarifloc se puede observar del grafico 4,5,6 y 7 podemos concluir que los datos de análisis para esta planta al presentar 3 de los 4 años objeto de estudio distribuciones leptocúrticas es decir existe una gran concentración de valores alrededor de la media aritmética por lo tanto podemos deducir que el valor obtenido por medio de la sumatoria de las medias nos permitirá obtener valores confiables del indicador ambiental calentamiento global para este caso de estudio.



8.3.2.1.2. Insumo Cloro Gaseoso

Imagen 4: vista de datos del software Spss Statistics insumo cloro gaseoso utilizado en la planta Cariongo

MES	KG_M3_CLORO_PC_2012	KG_M3_CLORO_PC_2013	KG_M3_CLORO_PC_2014	KG_M3_CLORO_PC_2015	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR	VAR
1	1.00	.0020	.0018	.0018	.0017					
2	2.00	.0019	.0019	.0017	.0016					
3	3.00	.0018	.0018	.0016	.0014					
4	4.00	.0019	.0018	.0015						
5	5.00	.0019	.0020	.0015						
6	6.00	.0018	.0020	.0017						
7	7.00	.0018	.0021	.0015						
8	8.00	.0018	.0020	.0018						
9	9.00	.0020	.0020	.0016						
10	10.00	.0017	.0019	.0018						
11	11.00	.0017	.0015	.0018						
12	12.00	.0018	.0017	.0018						
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										

Fuente: SPSS STATISTICS 20

En la imagen 4 se observa el consumo de kg/m3 utilizado en la planta cariongo del insumo cloro gaseoso datos que fueron suministrados por la empresa empopamplona s.a digitados en el el software spss statitics para asi proseguir a calcular los estadisticos descriptivos.



Tabla 3: Estadístico descriptivos insumo cloro gaseoso para la planta Cariongo

Estadísticos

		KG_M3_CL ORO_PC_2 012	KG_M3_CL ORO_PC_2 013	KG_M3_CL ORO_PC_2 014	KG_M3_CL ORO_PC_2 015
N	Válidos	12	12	12	3
	Perdidos	0	0	0	9
	Media	,001842	,001875	,001717	,001567
	Mediana	,001800	,001900	,001750	,001600
	Moda	,0018	,0020	,0018	,0014 ^a
	Desv. típ.	,0000996	,0001658	,0001193	,0001528
	Varianza	,000	,000	,000	,000
	Asimetría	,274	-,960	-,378	-,935
	Error típ. de asimetría	,637	,637	,637	1,225
	Curtosis	-,654	1,040	-,825	
	Error típ. de curtosis	1,232	1,232	1,232	
	Rango	,0003	,0006	,0004	,0003
	Mínimo	,0017	,0015	,0015	,0014
	Máximo	,0020	,0021	,0019	,0017
	Percentile 25	,001800	,001800	,001600	,001400
	s 75	,001900	,002000	,001800	.

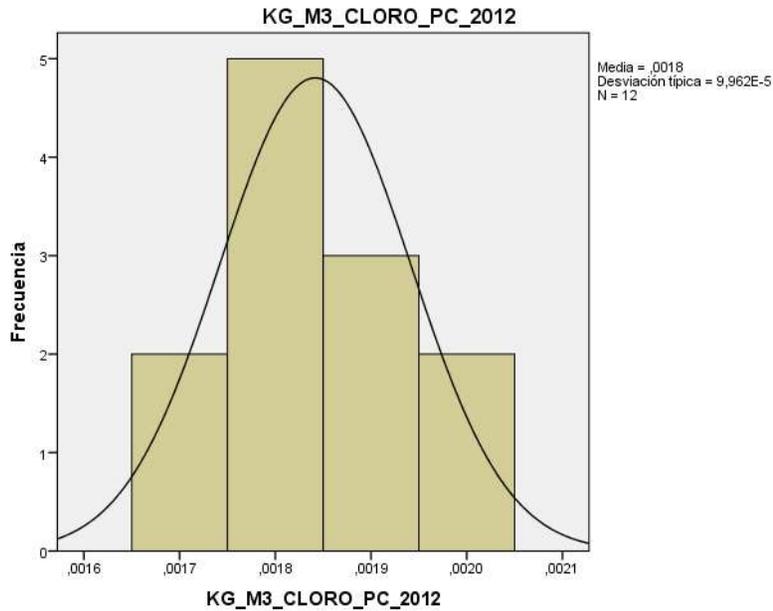
Fuente: SPSS STATISTICS 20.



De la tabla 3 se puede obtener la siguiente información para el insumo cloro gaseoso:

El año 2012 presenta una media de 0.0018 con una variabilidad de 0.000099 el 50% de sus datos está por debajo de 0.000099 y el 50% por encima presentando una distribución platicúrtica debido a que la campana de gauss presenta una curva de distribución platicúrtica (gráfica 7) debido a la curtosis que tiene un valor de - 0.654.

Gráfica 7: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2012.

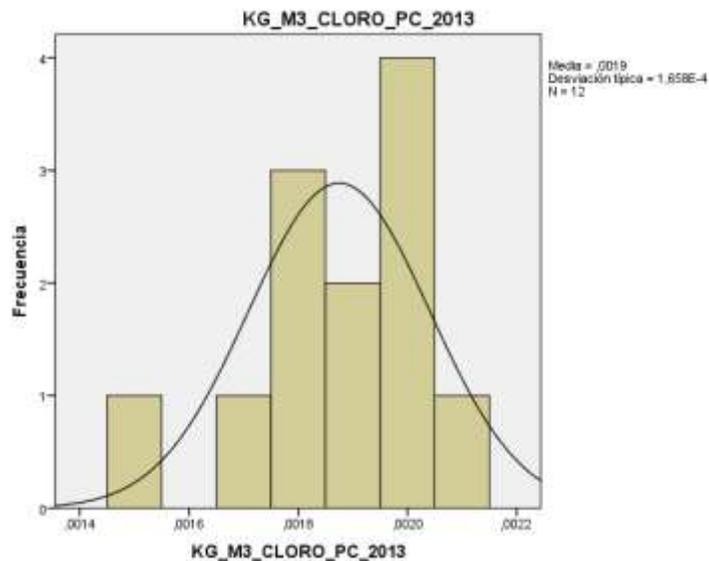


Fuente: SPSS STATISTICS 20



Para el año 2013 presenta una media de 0.019 con una distribución leptocurtica esto es debido a que su curtosis es igual 1.040 por lo tanto como se muestra en el gráfica 8 la campana de gauss presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales para este año.

Gráfica 8: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2013.

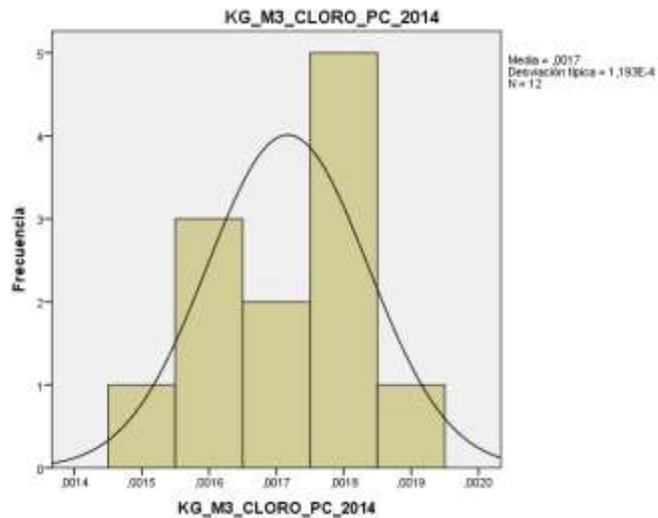


Fuente: SPSS STATISTICS 20



De la tabla 3 se puede extraer la siguiente información para el año 2014 este presenta a una variabilidad de 0,0001193 con una media de 0,017 y una distribución platicúrtica en el gráfica 9 se observa la curva platicúrtica, esta clasificación se realiza debido a que su curtosis se encuentra por debajo de 0.

Gráfica 9: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2014.

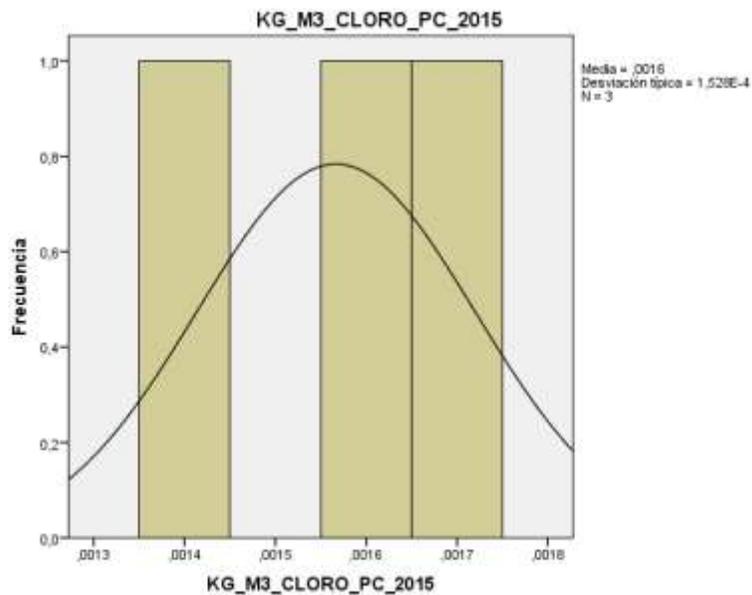


Fuente: SPSS STATISTICS 20.



Para el año 2015 según la gráfica 10 podemos describir una media de 0,016 que el 50% de sus datos están por encima de 0,001600 y presenta una curva de distribución mesocúrtica ya que su curtosis es igual a 0

Gráfica 10: Histograma de asimetría consumo de cloro gaseoso planta Cariongo año 2015.



Fuente: SPSS STATISTICS 20

Se sumaron las medias aritméticas para el insumo cloro gaseoso para la planta Cariongo obteniendo un valor de 0,0070 la cual se tendrá en cuenta para ser ingresados al momento de la caracterización en el software LCA MANAGER.



Después de tener los valores de las medias aritméticas se pasa a el software LCA MANAGER para obtener la caracterización ambiental pero antes de realizar este paso en el LCA MANAGER, por medio de la utilización de la base de datos de ECOINVENT se obteniendo el inventario para medidores de impactos ambientales tales como calentamiento global, eutrofización, acidificación, eutrofización, destrucción de la capa de ozono, toxicidad humana; todo esto nos permitió conocer el grado de afectación que generan estos indicadores en el medio ambiente; pero para dicho estudio solo se analizara el indicador calentamiento global al realizar el proceso de coagulación y desinfección en la planta Cariongo la cual pertenece a la empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.

8.3.2.2. LCA MANAGER

8.3.2.2.1 Resultados obtenidos del software LCA MANAGER (indicadores ambientales).

Al procesar los datos de los consumos de coagulante (clarifloc), cloro gaseoso, hipoclorito de sodio, energía y agua de grifo en los software SPSS Statistics y Excel se determinó la cantidad de insumo por unidad funcional (para este estudio se estableció el kg/m^3) utilizada de cada uno de los anteriores, en las diferentes etapas del proceso de potabilización.

En la imagen 5 se aprecia la pestaña del software para el ingreso de los datos de consumos en planta, distribuidos por etapa, la inclusión del inventario y asignación respectiva de familia y material, siendo esto el primer paso para correr el programa y obtener resultados para posterior interpretación.



Imagen 5. Interfaz del software LCA MANAGER para el caso planta Cariongo

FLUXO	VALOR	UNIDAD	BASE DATOS	FABRICA	MATERIA / PROCESO	COMENTARIO
Desarenación						
Baterías	1.000000383	kg	BD_InventariosACV.ch	Hipercloro de Sodio	Sodium hypochlorite production, product in...	comentario
Agua	2.2595282	kg	BD_InventariosACV.ch	Agua Grifo	Tap water production, conventional treatmen...	comentario
Coagulación						
Coagulante Clarifloc	0.06	kg	BD_InventariosACV.ch	Coagulanse	Aluminium hydroxide production, OJO	comentario
Consumo Energético	6.00000002	KWh	BD_InventariosACV.ch	Energía	Electricity voltage transformation from medi...	comentario
Baterías	1.000000383	kg	BD_InventariosACV.ch	Hipercloro de Sodio	Sodium hypochlorite production, product in...	comentario
Agua	2.2595282	kg	BD_InventariosACV.ch	Agua Grifo	Tap water production, conventional treatmen...	comentario
Floculación						
Baterías	1.000000383	kg	BD_InventariosACV.ch	Hipercloro de Sodio	Sodium hypochlorite production, product in...	comentario
Agua	2.2595282	kg	BD_InventariosACV.ch	Agua Grifo	Tap water production, conventional treatmen...	comentario
Sedimentación						
Baterías	1.000000383	kg	BD_InventariosACV.ch	Hipercloro de Sodio	Sodium hypochlorite production, product in...	comentario
Agua	2.2595282	kg	BD_InventariosACV.ch	Agua Grifo	Tap water production, conventional treatmen...	comentario
Filtración						
Agua	2.2595282	kg	BD_InventariosACV.ch	Agua Grifo	Tap water production, conventional treatmen...	comentario
Consumo Energético	6.00000002	KWh	BD_InventariosACV.ch	Energía	Electricity voltage transformation from medi...	comentario
Desinfección						
Cloro	0.0075	kg	BD_InventariosACV.ch	Cloro Casaca	Chlor-alkali electrolysis, mercury cell, REE	comentario
Consumo Energético	6.00000002	KWh	BD_InventariosACV.ch	Energía	Electricity voltage transformation from medi...	comentario

Fuente: LCA MANAGER

Después de realizados todos los pasos para la obtención los resultados estos se exportaron a formato xlsx, el cual reconoce Excel, desde donde se inicia la interpretación de la información arrojada por el LCA manager.

Los resultados se muestran en la tabla 4 donde están organizados por el valor de cada indicador ambiental tales como: Acidificación, Eutrofización, Calentamiento Global, Destrucción de la capa de Ozono y Toxicidad Humana para este caso de estudio solo se tendrá en cuenta el indicador calentamiento global, en cada una de las etapas del proceso ejecutado en la planta Cariongo.

Tabla 4: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Cariongo

INDICADOR / UNIDAD	Desarenación	Coagulación	Floculación	Sedimentación	Filtración	Desinfección
CML 2001 - Acidificación (kg SO2 eq.)	2.57E-07	8.52E-04	2.57E-07	2.57E-07	7.97E-06	4.14E-05
CML 2001 - Eutrofización (kg PO4 eq.)	9.38E-08	1.59E-04	9.38E-08	9.38E-08	2.64E-06	4.19E-05
CML 2001 - Calentamiento global (kg CO2 eq.)	4.43E-05	7.93E-02	4.43E-05	4.43E-05	2.48E-03	9.16E-03
CML 2001 - Destrucción capa ozono (kg CFC-11 eq.)	5.32E-12	8.65E-09	5.32E-12	5.32E-12	1.13E-10	8.23E-09
CML 2001 - Toxicidad humana (kg 1,4-DCB eq.)	3.05E-05	2.84E-02	3.05E-05	3.05E-05	6.24E-04	3.64E-03

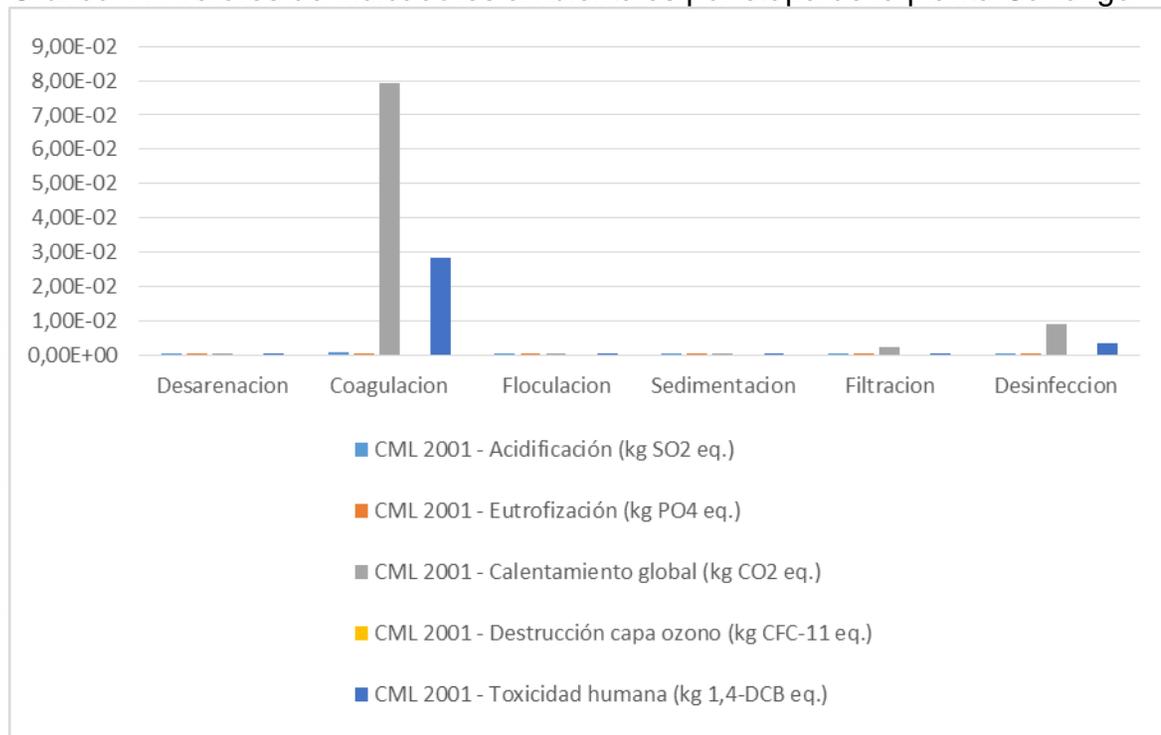
Fuente: LCA MANAGER.

Para la interpretación de los valores presentes en la tabla anterior se representaron de forma más clara en el gráfico 11, donde se puede observar que el indicador de Calentamiento Global en la etapa de coagulación tiene el mayor



impacto ambiental por M^3 de agua procesada en la Planta Cariongo, también se puede apreciar que en la etapa de desinfección hay una contribución mucho menor de impactos al medio ambiente, mientras que en las demás etapas los valores son despreciables en comparación con la etapa de coagulación. Este resultado está influenciado por la cantidad de insumo utilizado mensualmente de coagulante y por los elementos que intervienen durante el ciclo de vida del Clarifloc para la futuras toma de decisiones se tendrá en cuenta el mayor impacto ambiental graficado en la siguiente tabla para la toma de decisiones en el proceso de potabilización.

Gráfico 11: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Cariongo



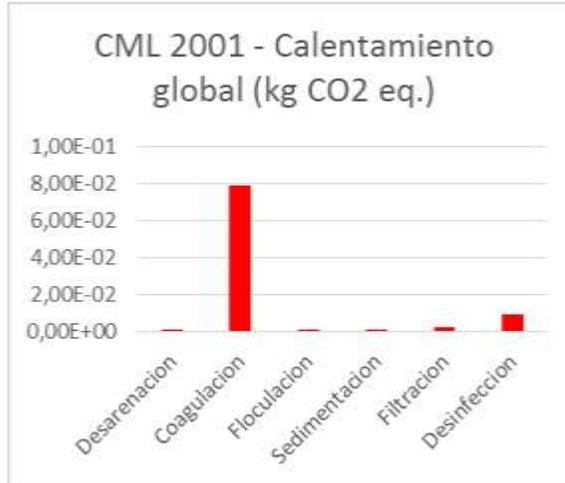
Fuente: LCA MANAGER

A continuación se desglosa el resultado del indicador evaluado en cada una de las etapas de potabilización de agua, sirviendo esto como método de comparación entre el indicador y su impacto en las diferentes etapas.

Claramente en la gráfica 12, se puede apreciar que existe un patrón en la distribución del impacto ambiental en cada una de las etapas del proceso, resaltando más la contribución de estos en las etapas de coagulación y desinfección, siendo más marcada y de mayor proporción en la etapa donde se añade el coadyuvante al agua (coagulación) y cloro gaseoso respectivamente.



Gráfica 12: Indicador Calentamiento Global



Fuente: LCA MANAGER

A continuación la tabla 5 y 6 se presenta el listado de la carga contaminante emitida por la etapa de coagulación y desinfección contribuyendo a aumentar impacto ambiental por medio del indicador calentamiento global, el cual como se puede apreciar en la gráfica es el de mayor contribución a las afectaciones por medio de las emisiones de dióxido de carbono (co2) al medio ambiente. Estas tablas nos da una noción más detallada de los elementos o cargas que están influenciando el fenómeno de calentamiento global; allí podemos destacar el dióxido de carbono fósil, el metano, el monóxido de carbono, el monóxido de di nitrógeno, entre muchos otros más.

Tabla 5. Carga contaminante de los insumos en la etapa de coagulación para el impacto de Calentamiento Global Planta Cariongo.

CARGA	Σ.Coagulación_CA	Coagulante Clarifloc_CA	Consumo Energetico_CA
Methane, dichloro-, HCC-30	4.74E-11	3.00E-11	1.70E-11
Carbon dioxide, fossil	3.93E-02	3.87E-02	6.27E-04
Methane, fossil	1.43E-04	1.41E-04	1.26E-06
Carbon monoxide, fossil	6.10E-05	6.07E-05	2.95E-07
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	2.79E-08	2.44E-08	1.23E-09
Dinitrogen monoxide	2.75E-04	1.22E-04	1.53E-04
Dinitrogen monoxide	1.40E-04	1.34E-04	5.60E-06
Carbon dioxide, fossil	7.53E-03	7.42E-03	9.26E-05
Methane, fossil	4.16E-03	4.13E-03	2.95E-05
Carbon dioxide, fossil	2.57E-02	2.53E-02	3.70E-04



Carbon monoxide, fossil	6.52E-05	6.41E-05	9.61E-07
Methane, non-fossil	5.40E-06	7.81E-07	4.62E-06
Dinitrogen monoxide	2.70E-04	2.57E-04	1.32E-05
Methane, fossil	2.97E-04	2.79E-04	1.71E-05
Carbon monoxide, fossil	4.74E-05	4.52E-05	1.85E-06
Methane, non-fossil	4.01E-04	3.76E-05	3.63E-04
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	7.93E-04	3.75E-05	7.55E-04
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	2.54E-08	2.45E-08	7.54E-10
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	3.65E-10	3.51E-10	1.13E-11
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	6.19E-11	5.98E-11	1.85E-12
Sulfur hexafluoride	2.51E-09	2.22E-09	2.85E-10
Sulfur hexafluoride	6.60E-05	6.37E-05	2.16E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	5.90E-12	5.85E-12	3.89E-14
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	8.10E-14	8.04E-14	5.34E-16
Methane, bromo-, Halon 1001	4.07E-15	4.03E-15	2.68E-17
Methane, tetrachloro-, R-10	3.39E-10	3.36E-10	2.23E-12
Carbon dioxide, fossil	6.79E-10	3.87E-10	2.33E-10
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	1.54E-06	1.61E-06	-7.13E-08
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	4.57E-08	2.18E-08	2.38E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	4.60E-07	2.20E-07	2.39E-07
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	2.05E-07	9.77E-08	1.06E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	2.65E-08	2.54E-08	1.05E-09
Dinitrogen monoxide	1.93E-12	1.10E-12	6.61E-13
Methane, fossil	2.70E-13	1.53E-13	9.24E-14
Carbon monoxide, fossil	1.25E-12	7.13E-13	4.29E-13
Methane, non-fossil	1.73E-08	1.72E-08	4.15E-11
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	1.06E-06	9.24E-07	1.27E-07
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	1.18E-07	1.17E-07	6.13E-10
Methane, tetrachloro-, R-10	3.31E-06	3.31E-06	1.94E-09
Methane, tetrafluoro-, R-14	4.28E-06	4.09E-06	1.83E-07
Sulfur hexafluoride	3.15E-09	2.98E-09	1.47E-10
Methane, trifluoro-, HFC-23	2.23E-07	2.15E-07	6.94E-09
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	3.07E-07	2.83E-07	2.37E-08



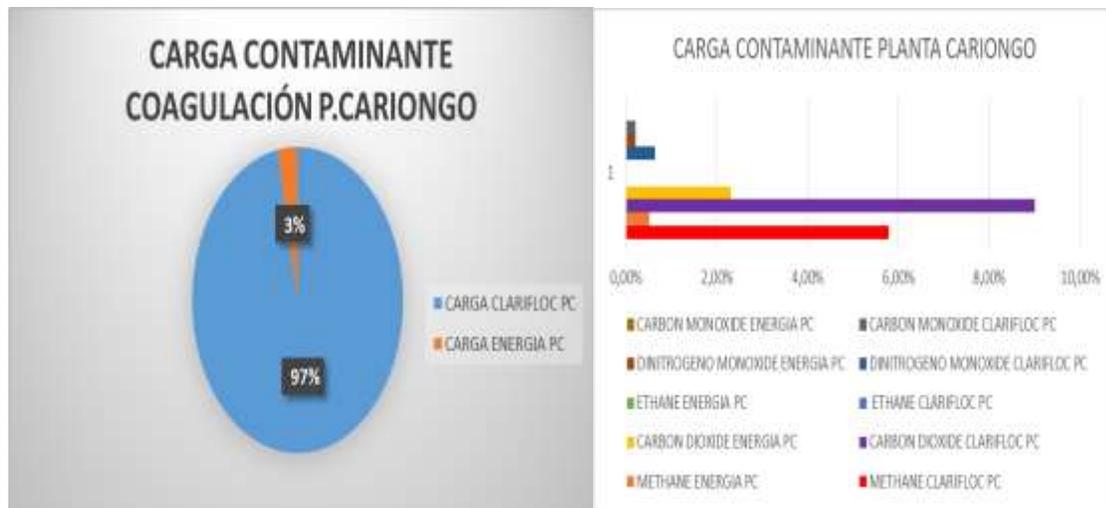
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	4.27E-07	4.10E-07	1.32E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	3.18E-11	2.75E-11	4.20E-12
Methane, dichloro-, HCC-30	1.44E-09	1.44E-09	5.60E-12
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	1.67E-09	1.66E-09	6.48E-12
Methane, monochloro-, R-40	3.94E-09	3.92E-09	1.53E-11
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	3.42E-06	3.37E-06	4.48E-08
Methane, tetrafluoro-, R-14	5.67E-10	5.44E-10	2.20E-11
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	3.82E-07	3.61E-07	1.87E-08
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	2.13E-08	2.01E-08	1.00E-09
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	3.25E-06	2.94E-06	3.15E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	4.00E-11	3.90E-11	7.99E-13
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	1.98E-13	1.91E-13	6.20E-15
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	1.14E-09	1.13E-09	6.78E-12
TOTAL	7.93E-02	7.68E-02	2.44E-03

Fuente: LCA MANAGER

Para mayor interpretación de la tabla 5 a continuación se muestra la carga de cada insumo gráfica 13 parte izquierda y en la parte derecha la descripción por cada grupo de compuesto, como podemos observar en la tabla anterior el total de carga contaminante emitida al medio ambiente en este caso contribuyendo a que el indicador calentamiento global cada día aumente y sus evidencias se reflejen en los cambios climáticos, destrucción de fauna y flora es de 7.93E-02 por lo tanto se tomara este valor como el 100% de la carga emitida de este valor el insumo Clarifloc aporta un valor de 7.68E-02 siendo este un 96,7% y el insumo energía aporta un valor de 2.44E-03 representando el 3,07% del 100% de la carga emitida.



Gráfica 13: Carga contaminante emitida por los insumos de la etapa de coagulación en la planta Carrión



Fuente: De la hoz 2016

El gráfico 13 parte izquierda podemos observar que el insumo que más está contaminando es el clarifloc aportando un 97% del total de la carga emitida en la parte derecha del gráfico se observa como está distribuido cada elemento de cada uno de los insumos y que nivel de incidencia representan son el dióxido de carbono y el metano.

Nota: para ver los valores agrupados por elementos y su conversión a porcentajes remitirse al anexo porcentajes.

Tabla 6. Carga contaminante de los insumos en la etapa de desinfección para el impacto de Calentamiento Global. Planta Carrión.

CARGA	Desinfección_CA	Cloro_CA	Consumo Energetico_CA
Methane, dichloro-, HCC-30	4,74E-11	3,03E-11	1,70E-11
Carbon dioxide, fossil	2,57E-03	1,94E-03	6,27E-04
Methane, fossil	7,46E-06	6,20E-06	1,26E-06
Carbon monoxide, fossil	1,38E-06	1,08E-06	2,95E-07
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	1,26E-08	1,14E-08	1,23E-09
Dinitrogen monoxide	1,80E-04	2,71E-05	1,53E-04
Dinitrogen monoxide	2,67E-05	2,11E-05	5,60E-06



Carbon dioxide, fossil	4,63E-04	3,70E-04	9,26E-05
Methane, fossil	3,99E-04	3,69E-04	2,95E-05
Carbon dioxide, fossil	4,24E-03	3,87E-03	3,70E-04
Carbon monoxide, fossil	3,57E-06	2,61E-06	9,61E-07
Methane, non-fossil	5,03E-06	4,16E-07	4,62E-06
Dinitrogen monoxide	3,31E-05	1,99E-05	1,32E-05
Methane, fossil	3,62E-05	1,91E-05	1,71E-05
Carbon monoxide, fossil	6,95E-06	5,09E-06	1,85E-06
Methane, non-fossil	3,73E-04	1,06E-05	3,63E-04
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	7,62E-04	6,24E-06	7,55E-04
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	3,21E-08	3,14E-08	7,54E-10
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	4,92E-10	4,80E-10	1,13E-11
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	8,38E-11	8,19E-11	1,85E-12
Sulfur hexafluoride	2,19E-09	1,90E-09	2,85E-10
Sulfur hexafluoride	2,99E-05	2,78E-05	2,16E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	3,42E-13	3,03E-13	3,89E-14
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	4,71E-15	4,17E-15	5,34E-16
Methane, bromo-, Halon 1001	2,36E-16	2,09E-16	2,68E-17
Methane, tetrachloro-, R-10	1,97E-11	1,74E-11	2,23E-12
Carbon dioxide, fossil	4,40E-10	2,08E-10	2,33E-10
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	1,26E-06	1,33E-06	-7,13E-08
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	3,59E-08	1,21E-08	2,38E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	3,61E-07	1,22E-07	2,39E-07
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	1,61E-07	5,43E-08	1,06E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	3,23E-08	3,13E-08	1,05E-09
Dinitrogen monoxide	1,25E-12	5,89E-13	6,61E-13
Methane, fossil	1,75E-13	8,24E-14	9,24E-14
Carbon monoxide, fossil	8,12E-13	3,83E-13	4,29E-13
Methane, non-fossil	5,52E-10	5,11E-10	4,15E-11
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	4,43E-07	3,16E-07	1,27E-07
Methane,	5,37E-08	5,31E-08	6,13E-10



bromochlorodifluoro-, Halon 1211			
Methane, tetrachloro-, R-10	8,77E-06	8,77E-06	1,94E-09
Methane, tetrafluoro-, R-14	1,74E-06	1,56E-06	1,83E-07
Sulfur hexafluoride	1,29E-09	1,14E-09	1,47E-10
Methane, trifluoro-, HFC-23	3,00E-07	2,93E-07	6,94E-09
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	3,63E-07	3,39E-07	2,37E-08
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	5,75E-07	5,62E-07	1,32E-08
Methane, dichloro-, HCC-30	1,10E-11	6,85E-12	4,20E-12
Methane, dichloro-, HCC-30	1,74E-10	1,68E-10	5,60E-12
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	2,01E-10	1,95E-10	6,48E-12
Methane, monochloro-, R-40	4,75E-10	4,60E-10	1,53E-11
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	1,44E-07	9,92E-08	4,48E-08
Methane, tetrafluoro-, R-14	2,50E-10	2,28E-10	2,20E-11
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	1,65E-07	1,47E-07	1,87E-08
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	8,58E-09	7,58E-09	1,00E-09
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	3,83E-06	3,52E-06	3,15E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	4,27E-11	4,19E-11	7,99E-13
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	2,81E-13	2,75E-13	6,20E-15
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	7,29E-10	7,23E-10	6,78E-12
Total	9,16E-03	6,72E-03	2,44E-03

Fuente: LCA MANAGER

Para mayor interpretación de la tabla 6 a continuación se muestra la carga contaminante de cada insumo gráfico 14 parte izquierda, como podemos observar en la tabla anterior el total de carga contaminante emitida al medio ambiente en este caso contribuyendo a que el indicador calentamiento global cada día aumente y sus evidencias se reflejen en los cambios climáticos, destrucción de fauna y flora es de 9,16E-03 por lo tanto se tomara este valor como el 100% de la carga emitida en esta etapa, el insumo Clarifloc aporta un valor de 6,72E-03 siendo este un 73.36% y el insumo energía aporta un valor de 2.44E-03 representando 26.76% del 100% de la carga emitida por esta etapa de producción.



Grafico 14: Carga contaminante emitida por los insumos de la etapa de desinfección en la planta Cariongo



El grafico 14 parte izquierda podemos observar que el insumo que más está contaminando es el clarifloc aportando un 73% del total de la carga emitida en la parte derecha del grafico se observa como está distribuido cada elemento de cada uno de los insumos y que nivel de incidencia representan siendo el dióxido de carbono y el metano los de mayor incidencia.

En total la planta Cariongo está emitiendo una carga contaminante de $8,846E-02$



8.3.3. Planta Monte-adentro

8.3.3.1. Spss Statistics 20

8.3.3.1.1 Insumo Clarifloc

Imagen 6: vista de datos del software Spss Statistics para el consumo del insumo clarifloc en la planta monte-adentro.

MES	KG_M3_2012_PC	KG_M3_2013_PC	KG_M3_2014_PC	KG_M3_2015_PC	var	var	var	var	var	var	var	var
1	1			.0051	.0050							
2	2			.0048	.0086							
3	3		.0037	.0050	.0059							
4	4		.0088	.0034	.0072							
5	5		.0080	.0058	.0075							
6	6	.0046	.0053	.0064	.0192							
7	7	.0056	.0041	.0083								
8	8	.0068	.0068	.0049								
9	9	.0037	.0047	.0052								
10	10	.0078	.0004	.0088								
11	11	.0050	.0057	.0074								
12	12		.0040	.0067								
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												

Fuente: SPSS STATICS 20

En la imagen 6 se observa el consumo de kg/m³ utilizado en la planta monte-adentro del insumo clarifloc datos que fueron suministrados por la empresa empopamplona s.a digitados en el el software spss statitics para asi proseguir a calcular los estadisticos descriptivos los resultados obtenidos se encuentran en la tabla 7.



Tabla 7: Estadísticos descriptivos del insumo clarifloc para la planta monteadentro

Estadísticos

	KG_M3_20 12_PC	KG_M3_20 13_PC	KG_M3_20 14_PC	KG_M3_20 15_PC
N	6	10	12	6
Válidos	6	10	12	6
Perdidos	6	2	0	6
Media	,005417	,005660	,006333	,008900
Mediana	,005300	,005350	,006200	,007350
Moda	,0037 ^a	,0037 ^a	,0049	,0050 ^a
Desv. típ.	,0013891	,0017456	,0013432	,0052008
Varianza	,000	,000	,000	,000
Asimetría	,887	,821	,712	2,130
Error típ. de asimetría	,845	,687	,637	,845
Curtosis	1,542	-,319	-,505	4,830
Error típ. de curtosis	1,741	1,334	1,232	1,741
Rango	,0041	,0052	,0040	,0142
Mínimo	,0037	,0037	,0049	,0050
Máximo	,0078	,0089	,0089	,0192
Percentiles				
25	,004375	,004075	,005125	,005675
75	,006300	,007100	,007250	,011250

Fuente: SPSS STATISTICS 20

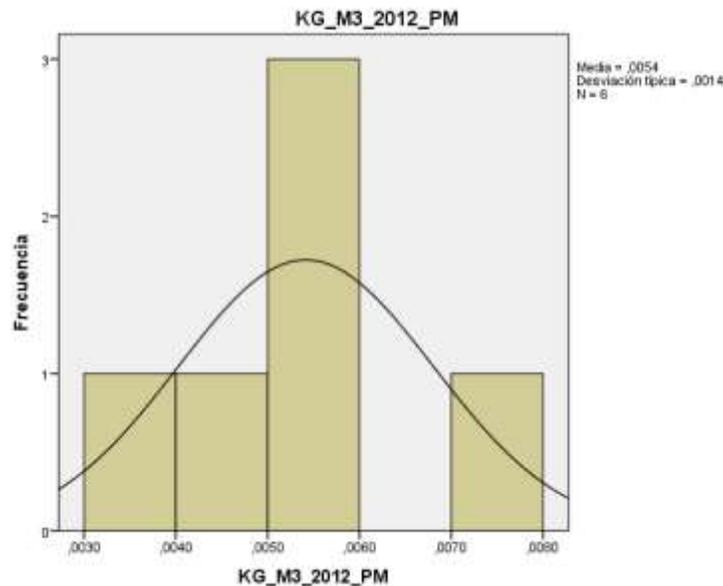
De la tabla 7 obtenemos los siguientes datos.

Para el año 2012 se tiene el siguiente análisis de los datos observados en la tabla 8 se presenta una validez de sus datos del 100% registrando una variabilidad entre ellos de 0.0013891 entre los datos no se tiene valores iguales y el 50% de sus valores está por debajo de 0.005300 y el otro 50% por encima también se observa que el 50% de los valores de los meses analizados están comprendidos entre el 0.004375 y 0.006300, con una media de 0,005417.

La distribución de los kg/m³ para cada mes podemos observar que se presenta una ligera asimetría positiva (tabla 7) y una distribución leptocúrtica debido a que el valor de la curtosis está por encima de 0 en el gráfica 15 se puede observar que la curva leptocúrtica tiene un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.



Gráfica 15: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta monte-adentro año 2012



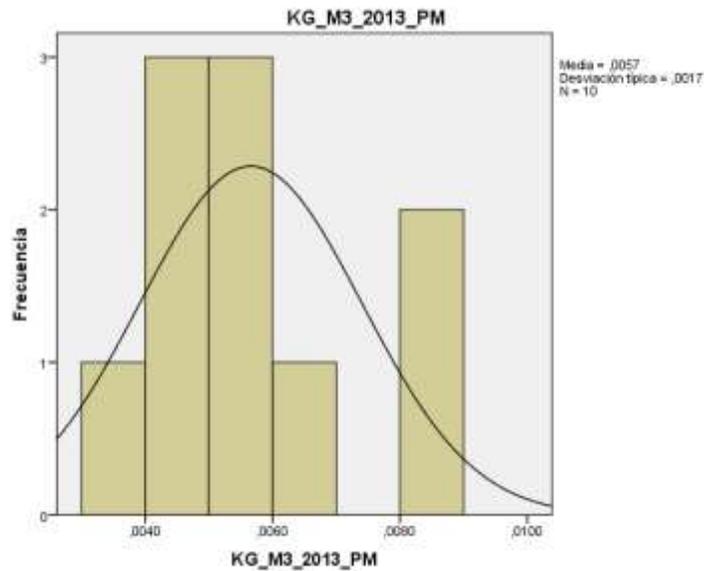
Fuente: SPSS STATISTICS 20

Año 2013 los datos para los meses de este año tienen una media de 0.005660 con una variabilidad de 0.017456 entre el mes que más utiliza kg de clarifloc para el proceso de potabilización del agua en la etapa de coagulación y el que menos utiliza kg de clarifloc por metro cubico de agua tratada de 0.052 la cantidad mínima de este insumo utilizada para tratar los metros cúbico de este proceso es de 0.037 y el máximo de 0.089.

Además se observa que el 50% de los meses analizados están comprendidos entre el 0.004075 y el 0.07100; este año presenta una asimetría positiva de 0.821 y una curtosis -0,319 este valor nos permite identificar el comportamiento de la curva de distribución que para este valor sería una distribución platicúrtica gráfica 16.



Gráfico 16: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Cariongo año 2013.

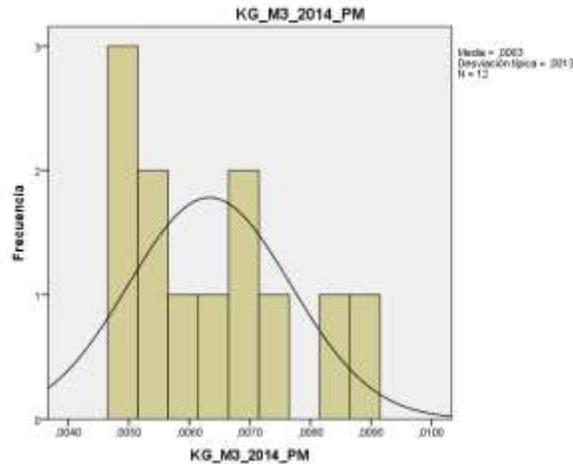


Fuente: SPSS STATISTICS 20

Año 2014 los meses comprendidos entre enero y diciembre de este año presentan una validez del 100% por ende tienen un promedio de 0.006333 y el valor que más se repite entre estos es de 0.049 presentando una variabilidad de 0.0013432 y una distribución de los kg por m3 tratado presentan una asimetría positiva de 0.716 y una curtosis de -0,505 en la gráfica 17 se puede observar que la curva de distribución para el insumo clarifloc de este año es platicúrtica.



Gráfica 17: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2014.

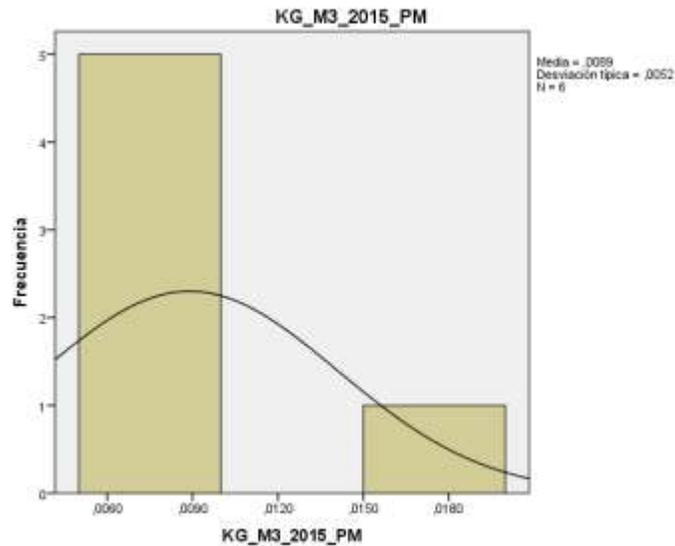


Fuente: SPSS STATISTICS 20

Año 2015 para este año se analizaron los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio los cuales están comprendidos entre 0.0000 y 1.296400 presentando una media de 0.709933 y una variabilidad de 0.6531209 el valor que más se repite es de 0.0000 dichos valores presentan una tendencia central de 0.716000 y un consumo de kg de clarifloc por metro cubico tratado entre el mes que más utiliza y el que menos tenemos un rango de 1.6486 este año presenta una curtosis de 4,830 en el gráfica 18 se observa una distribución leptocúrtica es decir presenta un elevado grado de concentración alrededor de los valores centrales de la variable.



Gráfica 18: Histograma de asimetría consumo de clarifloc planta Monte-adentro año 2015



Fuente: SPSS STATITISC 20.

De los estadísticos descriptivos hallados anteriormente para el insumo clarifloc de la planta monte adentro tenemos un sumatoria de medias de 0,0263 valor que se tendrá en cuenta para ser llevado al software LCA MANAGER al momento de ingresar las características del insumo.



8.3.3.1.2. Insumo Cloro Gaseoso

La empresa de servicios públicos Empopamplona s.a. utiliza en la etapa de desinfección cloro gaseoso a continuación se muestra la relación de los estadísticos descriptivos para este insumo.

Tabla 8: Estadísticos descriptivos del insumo cloro gaseoso para la planta monte-adentro.

Estadísticos

		KG_M3_CL ORO_PM_2 012	KG_M3_CL ORO_PM_2 013	KG_M3_CL ORO_PM_2 014	KG_M3_CL ORO_PM_2 015
N	Válidos	12	12	12	6
	Perdidos	0	0	0	6
Media		,001071	,001143	,001209	,001173
Error típ. de la media		,0000404	,0000173	,0000114	,0000280
Mediana		,001095	,001160	,001210	,001180
Moda		,0009 ^a	,0011	,0012	,0012
Desv. típ.		,0001401	,0000599	,0000396	,0000686
Varianza		,000	,000	,000	,000
Asimetría		,087	,045	,641	,145
Error típ. de asimetría		,637	,637	,637	,845
Curtosis		-1,497	-1,602	-,253	-1,335
Error típ. de curtosis		1,232	1,232	1,232	1,741
Rango		,0004	,0002	,0001	,0002
Mínimo		,0009	,0011	,0012	,0011
Máximo		,0013	,0012	,0013	,0013
Percentiles	25	,000930	,001080	,001173	,001105
	75	,001213	,001198	,001240	,001225

Fuente: SPSS STATISTICS 20



Para el año 2012 de la tabla 8 se puede observar la media la cual es de 0,001071 presenta una variabilidad entre sus datos de 0,0001401 y una curtosis negativa por lo cual su distribución será platicúrtica.

Para el año 2013,2014 y 2015 se tiene unas medias de 0, 001143, 0, 001209, 0,001173 respectivamente y estos años presentan curtosis negativas por lo cual su distribución será platicúrtica.

Obteniendo una sumatoria de medias de 0,00460.

Después de tener los valores de las medias de los kilogramos/año se ingresaron en el software LCA MANAGER para obtener la caracterización ambiental pero antes de realizar este paso en el LCA MANAGER, por medio de la utilización de la base de datos de ECOINVENT se obteniendo el inventario para medidores de impactos ambientales tales como calentamiento global, eutrofización, acidificación, eutrofización, destrucción de la capa de ozono, toxicidad humana; todo esto nos permitió conocer el grado de afectación que generan estos indicadores en el medio ambiente; pero para dicho estudio solo se analizara el indicador calentamiento global al realizar el proceso de coagulación y desinfección en la planta Cariongo la cual pertenece a la empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.



8.3.3.2. LCA MANAGER

8.3.3.2.1 Resultados obtenidos del software LCA MANAGER (indicadores ambientales).

Los resultados se muestran en la tabla 9 donde están organizados por el valor de cada indicador ambiental Acidificación, Eutrofización, Calentamiento Global, Destrucción de la capa de Ozono y Toxicidad Humana, en cada una de las etapas del proceso ejecutado en la planta Monte-adentro.

Tabla 9: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Monte-adentro

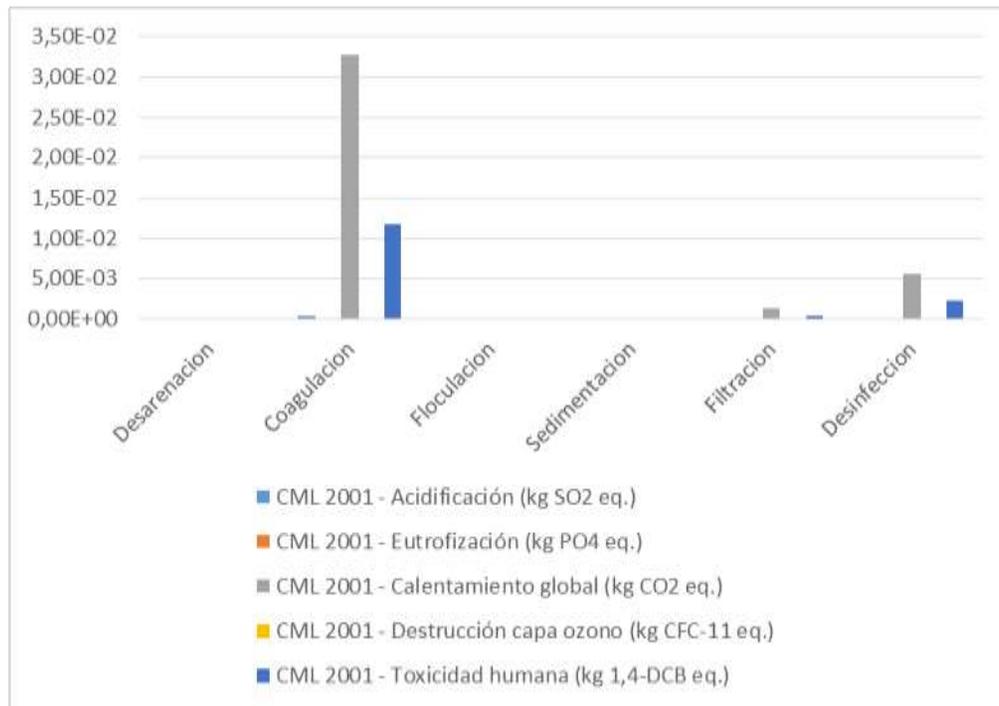
INDICADOR / UNIDAD	Desarenacion	Coagulación	Floculación	Sedimentación	Filtración	Desinfección
CML 2001 - Acidificación (kg SO ₂ eq.)	2.05E-07	3.51E-04	2.05E-07	2.05E-07	4.14E-06	2.61E-05
CML 2001 - Eutrofización (kg PO ₄ eq.)	7.48E-08	6.56E-05	7.48E-08	7.48E-08	1.37E-06	2.72E-05
CML 2001 - Calentamiento global (kg CO ₂ eq.)	3.53E-05	3.28E-02	3.53E-05	3.53E-05	1.29E-03	5.68E-03
CML 2001 - Destrucción capa ozono (kg CFC-11 eq.)	4.28E-12	3.56E-09	4.28E-12	4.28E-12	5.86E-11	5.39E-09
CML 2001 - Toxicidad humana (kg 1,4-DCB eq.)	2.43E-05	1.17E-02	2.43E-05	2.43E-05	3.24E-04	2.31E-03

Fuente: LCA MANAGER.

En la gráfica 19 se evidencia de manera más didáctica los resultados mostrados en la tabla anterior, donde se puede observar que el indicador de Calentamiento Global en la etapa de coagulación tiene el mayor impacto ambiental por m³ de agua procesada en la Planta Monte-adentro, también se puede apreciar que en la etapa de desinfección hay una contribución menor pero igualmente significativo impactos al medio ambiente, mientras que en las demás etapas los valores son muy bajos en comparación con la etapa de coagulación. Este resultado está influenciado por la cantidad de insumo utilizado mensualmente de coagulante y el cloro gaseoso por los elementos que intervienen durante el ciclo de vida del Clarifloc y el cloro gaseoso.



Grafica 19: Valores de indicadores ambientales por etapa de la planta Monteadentro



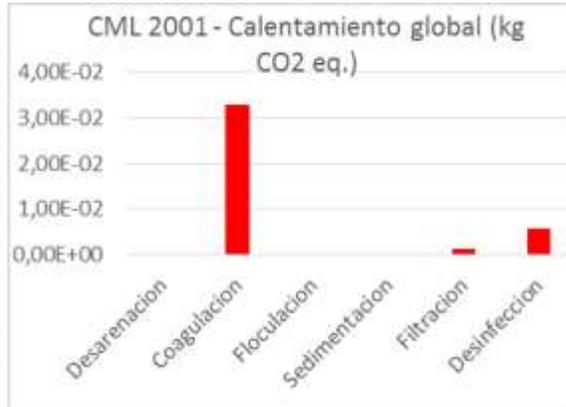
Fuente: LCA MANAGER.

A continuación se desglosa el resultado del indicador objeto de estudio calentamiento global evaluado en cada una de las etapas de potabilización de agua, sirviendo esto como método de comparación entre los indicadores y su impacto en las diferentes etapas.

Claramente en la gráfica 20 se puede apreciar que existe un patrón en la distribución de los impactos ambientales en cada una de las etapas del proceso, resaltando más la contribución de estos en las etapas de coagulación y desinfección, siendo más marcada y de mayor proporción en la etapa donde se añade el coagulante al agua (coagulación).



Gráfica 20: indicador Calentamiento Global.



Fuente: SPSS STATICS 20.

Como se evidencia en la gráfica 19 los valores más altos de los impactos ambientales están siendo aportados por el indicador de calentamiento global en la etapa de coagulación seguido de la etapa de desinfección, por esta razón en la tabla 10 y 11 se tiene el listado de los elementos o carga contaminante generada por estas etapas debidos a los insumos utilizados en las mismas.

Estas tablas nos da una noción más detallada de los elementos o cargas que están influenciando el fenómeno de calentamiento global; allí podemos destacar el dióxido de carbono fósil, el metano, el monóxido de carbono, el monóxido de di nitrógeno, entre muchos otros más.

Tabla 10. Carga contaminante de los insumos en la etapa de coagulación para el indicador de Calentamiento Global Planta Monte-adentro.

CARGA	Coagulación_MA	Coagulante Clarifloc_MA	Consumo Energetico_MA
Methane, dichloro-, HCC-30	2.14E-11	1.23E-11	8.86E-12
Carbon dioxide, fossil	1.62E-02	1.59E-02	3.26E-04
Methane, fossil	5.88E-05	5.80E-05	6.53E-07
Carbon monoxide, fossil	2.51E-05	2.49E-05	1.53E-07
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	1.24E-08	1.00E-08	6.39E-10
Dinitrogen monoxide	1.30E-04	5.01E-05	7.95E-05
Dinitrogen monoxide	5.80E-05	5.50E-05	2.91E-06
Carbon dioxide,	3.10E-03	3.04E-03	4.82E-05



fossil			
Methane, fossil	1.71E-03	1.70E-03	1.53E-05
Carbon dioxide, fossil	1.06E-02	1.04E-02	1.92E-04
Carbon monoxide, fossil	2.69E-05	2.63E-05	4.99E-07
Methane, non-fossil	2.72E-06	3.21E-07	2.40E-06
Dinitrogen monoxide	1.12E-04	1.05E-04	6.84E-06
Methane, fossil	1.24E-04	1.15E-04	8.90E-06
Carbon monoxide, fossil	1.98E-05	1.85E-05	9.64E-07
Methane, non-fossil	2.04E-04	1.54E-05	1.89E-04
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	4.08E-04	1.54E-05	3.93E-04
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	1.06E-08	1.00E-08	3.92E-10
Methane, trichloro-, CFC-11	1.52E-10	1.44E-10	5.89E-12
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	2.57E-11	2.45E-11	9.62E-13
Sulfur hexafluoride	1.07E-09	9.12E-10	1.48E-10
Sulfur hexafluoride	2.73E-05	2.61E-05	1.12E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	2.43E-12	2.40E-12	2.02E-14
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	3.34E-14	3.30E-14	2.78E-16
Methane, bromo-, Halon 1001	1.67E-15	1.65E-15	1.39E-17
Methane, tetrachloro-, R-10	1.39E-10	1.38E-10	1.16E-12
Carbon dioxide, fossil	3.27E-10	1.59E-10	1.21E-10
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	6.27E-07	6.61E-07	-3.71E-08
Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	2.14E-08	8.96E-09	1.24E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	2.15E-07	9.02E-08	1.24E-07



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código

00

Página

67 de 93

Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	9.58E-08	4.01E-08	5.53E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	1.10E-08	1.04E-08	5.46E-10
Dinitrogen monoxide	9.29E-13	4.50E-13	3.44E-13
Methane, fossil	1.30E-13	6.30E-14	4.80E-14
Carbon monoxide, fossil	6.04E-13	2.93E-13	2.23E-13
Methane, non-fossil	7.10E-09	7.07E-09	2.16E-11
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	4.55E-07	3.79E-07	6.63E-08
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	4.83E-08	4.79E-08	3.19E-10
Methane, tetrachloro-, R-10	1.36E-06	1.36E-06	1.01E-09
Methane, tetrafluoro-, R-14	1.78E-06	1.68E-06	9.53E-08
Sulfur hexafluoride	1.32E-09	1.22E-09	7.62E-11
Methane, trifluoro-, HFC-23	9.30E-08	8.81E-08	3.61E-09
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	1.29E-07	1.16E-07	1.23E-08
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	1.78E-07	1.68E-07	6.87E-09
Methane, dichloro-, HCC-30	1.36E-11	1.13E-11	2.18E-12
Methane, dichloro-, HCC-30	5.93E-10	5.89E-10	2.91E-12
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	6.87E-10	6.82E-10	3.37E-12
Methane, monochloro-, R-40	1.62E-09	1.61E-09	7.94E-12
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	1.41E-06	1.38E-06	2.33E-08
Methane, tetrafluoro-, R-14	2.36E-10	2.23E-10	1.14E-11
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	1.60E-07	1.48E-07	9.71E-09
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	8.90E-09	8.25E-09	5.21E-10



Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	1.37E-06	1.20E-06	1.64E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	1.65E-11	1.60E-11	4.15E-13
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	8.24E-14	7.86E-14	3.22E-15
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	4.68E-10	4.64E-10	3.52E-12
Total	3.28E-02	3.15E-02	1.27E-03

Fuente: LCA MANAGER

Para mayor interpretación de la tabla 10 a continuación se muestra la carga de cada elemento en la gráfica 21, como podemos observar en la tabla anterior el total de carga contaminante emitida al medio ambiente en este caso contribuyendo a que el indicador calentamiento global cada día aumente y sus evidencias se reflejen en los cambios climáticos, está contribuyendo al aumento de este factor a razón de 3.28E-02 por lo tanto se tomara este valor como el 100% de la carga emitida de este valor el insumo Clarifloc aporta un valor de 3.15E-02 siendo este un 96,1% y el insumo energía aporta un valor de 1.27E-03 representando el 3,87% del 100% de la carga emitida.

Gráfica 21: carga contaminante emitida por los insumos utilizados en la etapa de coagulación en la planta monte adentro.



Fuente: De la hoz 2016

Fuente: De la hoz 2016

Nota: para visualizar los valores equivalentes en porcentajes remitirse al anexo porcentajes

La grafica 20 parte izquierda se evidencia que el clarifloc tiene una incidencia de 96.1% y la energía de 3,87% en la parte derecha del grafico se puede ver que el agente de mayor contaminación es el dióxido de carbono resultante de todo el proceso seguido del metano.



Tabla 11: Carga contaminante de los insumos en la etapa de desinfección para el indicador Calentamiento Global Planta Monte-adentro.

CARGA	DESINFECCION MA	Cloro_MA	Consumo Energetico_MA
Methane, dichloro-, HCC-30	2,88E-11	1,99E-11	8,86E-12
Carbon dioxide, fossil	1,60E-03	1,28E-03	3,26E-04
Methane, fossil	4,73E-06	4,07E-06	6,53E-07
Carbon monoxide, fossil	8,66E-07	7,13E-07	1,53E-07
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	8,10E-09	7,46E-09	6,39E-10
Dinitrogen monoxide	9,73E-05	1,78E-05	7,95E-05
Dinitrogen monoxide	1,68E-05	1,39E-05	2,91E-06
Carbon dioxide, fossil	2,92E-04	2,43E-04	4,82E-05
Methane, fossil	2,58E-04	2,43E-04	1,53E-05
Carbon dioxide, fossil	2,74E-03	2,54E-03	1,92E-04
Carbon monoxide, fossil	2,22E-06	1,72E-06	4,99E-07
Methane, non-fossil	2,67E-06	2,73E-07	2,40E-06
Dinitrogen monoxide	1,99E-05	1,31E-05	6,84E-06
Methane, fossil	2,15E-05	1,26E-05	8,90E-06
Carbon monoxide, fossil	4,31E-06	3,35E-06	9,64E-07
Methane, non-fossil	1,96E-04	6,95E-06	1,89E-04
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	3,97E-04	4,10E-06	3,93E-04
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	2,10E-08	2,06E-08	3,92E-10
Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	3,21E-10	3,16E-10	5,89E-12
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	5,48E-11	5,38E-11	9,62E-13
Sulfur hexafluoride	1,40E-09	1,25E-09	1,48E-10
Sulfur hexafluoride	1,94E-05	1,82E-05	1,12E-06
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	2,20E-13	1,99E-13	2,02E-14
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	3,02E-15	2,74E-15	2,78E-16
Methane, bromo-, Halon 1001	1,52E-16	1,38E-16	1,39E-17
Methane, tetrachloro-, R-10	1,26E-11	1,15E-11	1,16E-12
Carbon dioxide, fossil	2,57E-10	1,36E-10	1,21E-10
Carbon dioxide, from soil or biomass stock	8,38E-07	8,75E-07	-3,71E-08



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código

00

Página

70 de 93

Ethane, 2-chloro-1,1,1,2-tetrafluoro-, HCFC-124	2,03E-08	7,97E-09	1,24E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	2,05E-07	8,02E-08	1,24E-07
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	9,09E-08	3,57E-08	5,53E-08
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	2,11E-08	2,06E-08	5,46E-10
Dinitrogen monoxide	7,31E-13	3,87E-13	3,44E-13
Methane, fossil	1,02E-13	5,41E-14	4,80E-14
Carbon monoxide, fossil	4,75E-13	2,52E-13	2,23E-13
Methane, non-fossil	3,57E-10	3,36E-10	2,16E-11
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	2,74E-07	2,07E-07	6,63E-08
Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	3,52E-08	3,49E-08	3,19E-10
Methane, tetrachloro-, R-10	5,76E-06	5,76E-06	1,01E-09
Methane, tetrafluoro-, R-14	1,12E-06	1,02E-06	9,53E-08
Sulfur hexafluoride	8,26E-10	7,50E-10	7,62E-11
Methane, trifluoro-, HFC-23	1,96E-07	1,93E-07	3,61E-09
Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	2,35E-07	2,23E-07	1,23E-08
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	3,76E-07	3,69E-07	6,87E-09
Methane, dichloro-, HCC-30	6,68E-12	4,50E-12	2,18E-12
Methane, dichloro-, HCC-30	1,14E-10	1,11E-10	2,91E-12
Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	1,32E-10	1,28E-10	3,37E-12
Methane, monochloro-, R-40	3,10E-10	3,02E-10	7,94E-12
Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	8,85E-08	6,52E-08	2,33E-08
Methane, tetrafluoro-, R-14	1,61E-10	1,50E-10	1,14E-11
Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134 ^a	1,06E-07	9,63E-08	9,71E-09
Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152 ^a	5,50E-09	4,98E-09	5,21E-10
Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	2,47E-06	2,31E-06	1,64E-07
Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	2,79E-11	2,75E-11	4,15E-13
Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	1,84E-13	1,81E-13	3,22E-15
Methane, dichlorodifluoro-,	4,78E-10	4,75E-10	3,52E-12



CFC-12			
TOTAL	5,68E-03	4,41E-03	1,27E-03

Fuente: LCA MANAGER

Para mayor interpretación de la tabla 11 a continuación se muestra la carga de cada elemento en la gráfica 22, como podemos observar en la tabla anterior el total de carga contaminante emitida al medio ambiente en este caso contribuyendo a que el indicador calentamiento global cada día aumente y sus evidencias se reflejen en los cambios climáticos, destrucción de fauna y flora es de 5,68E-03 por lo tanto se tomara este valor como el 100% de la carga emitida de este valor el insumo Clarifloc aporta un valor de 4,41E-03 siendo este un 78% y el insumo energía aporta un valor de 1.27E-03 representando el 22% del 100% de la carga emitida.

Gráfica 22: Carga contaminante emitida por los insumos utilizados en la etapa de desinfección en la planta monte-adentro



Fuente: De la hoz 2016

fuentes: De la hoz 2016

En la gráfica 21 parte izquierda podemos ver que el cloro gaseoso genera un 78% de la carga contaminante y la energía un 22%, en la parte derecha del gráfico apreciamos que el dióxido de carbono aporta un 78,24% de los agentes contaminantes entre la utilización del cloro y la energía siendo un 71,65% emitido por la utilización del cloro y un 6,59% por la utilización de energía en esta etapa del proceso.

En total la producción de agua potable en la planta monte adentro está emitiendo una carga contaminante de 3,848E-02.



9. COSTOS DEL PROCESO

La empresa EMPOPAMPLONA utiliza 3 insumos para el proceso de potabilización del agua los cuales son clarifloc, cloro gaseoso para el lavado de tanques hipoclorito de sodio.

9.1. Planta Cariongo

9.1.1. Insumo Clarifloc

Tabla 12: Costo del insumo Clarifloc

AÑO DE ESTUDIO	COSTO DEL INSUMO/ KG (\$)
2012	1.900
2013	2.000
2014	2.185
2015	2.185

Fuente: empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.

En la planta de tratamiento Cariongo se utiliza como insumo el clarifloc esta relación está dada por kg/mes la sumatoria de estos se obtendrán la relación kg/año; para el año 2012 consumió 11.175 kilogramos que multiplicados por el precio de kilogramo que se suministra en la tabla 12 obtendremos un total de \$21.232.500; para el 2013 se consumieron 27.100 kilogramos a un precio de \$2000 para un total de \$54.200.000; para el año 2014 se utilizaron 35.675 kilogramos que al hacer la multiplicación por el precio por kilogramo dar un valor para un total de \$77.949.875 para el 2015 hasta el mes de junio se habían consumido 21.275 kilogramos a un precio de \$2.185 para un total de \$ 46.485.875.

9.1.2 Insumo cloro gaseoso

En la planta de tratamiento Cariongo se utiliza como insumo tratante cloro gaseoso la relación dada para este es insumo es kilogramo año la cual se obtuvo de la sumatoria de los kilogramos utilizados por mes por ende para el año 2012 tenemos un consumo de 3.571 kilogramos a un precio de \$ 9000 por kilogramo obteniendo un valor total de \$32.139.000; para el año 2013 se consumieron 3.645 kilogramos a un precio de \$9800 kilogramo para un total de \$ 35.721.000 para el año 2014 se consumieron 3.475 kilogramos a un valor de \$ 10.259 por kilogramo para un total de \$35.650.025 para el año 2015 se consumieron 2.637 kilogramos a



un precio de \$10.259 para un valor total para los meses de enero y junio del 2015 de \$27.052.983.

La entidad en la planta Cariongo invirtió en cloro gaseoso un valor \$130.563.008.

9.1.3. Insumo hipoclorito de sodio

En esta plantas se utiliza hipoclorito de sodio para el lavado de albercas en una pequeña proporción la sumatoria de los años desde 2012 hasta 2014 es de 0.7644 kilogramos a un valor de \$2227 con un valor promedio para cada año de 556.75.

Determinación del precio del kW para el consumo de energía y cálculo de datos faltantes

La relación de costos para este insumo se sacara en base de los estudios que lleva el título precio de la electricidad en Colombia y comparación con referentes internacionales 2012-2015. (Luis Guillermo Vélez Álvarez).

Tabla 13: costo unitario nacional para el mercado regulado de la electricidad.

(\$)/kWh	(\$)/kWh	(\$)/kWh	(\$)/kWh
2012	2013	2014	2015
358	362	381	391

Fuente: articulo precio de la electricidad en Colombia.

El costo unitario está relacionado por la sumatoria de generación, transmisión, distribución, comercialización, costos de pérdidas y restricciones.

La empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A. no tenía el consumo establecido para los meses de enero a junio del año 2015 por ende se calculó Por medio de la función pronóstico se calcularon el consumo energético en el proceso de potabilización de agua para el año 2015 tomando $x=m^3/mes$ este es el valor corresponde a la cantidad de agua procesada para cada mes del año 2015, $y=KWH/MES, KWH/M^3$ estos son los valores que queremos pronosticar , $x=m^3/mes$ estos son los valores correspondientes a los meses de cada uno de los años anteriores 2012,2013,2014 para mayor interpretación remitirse a las imágenes 7 y 8.



Imagen 7: Relación de consumo de energía planta Cariongo.

PLANTA DE TRATAMIENTO CARIONGO												
ENERGIA												
	2012			2013			2014			2015		
	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3
ENERO	1.207	149.382	0,008079045	1.059	168.224	0,006295	1.116	178.273	0,00528	1.298,00	119.828,39	0,0099275
FEBRERO	1.141	147.922	0,007713504	1.081	150.855	0,007186	1.315	170.440	0,007715	755	110.646	0,007054
MARZO	1.020	170.737	0,005974094	1.121	169.914	0,006597	1.138	187.884	0,006062	804	97.773	0,007305
ABRIL	1.276	159.055	0,008022372	1.095	167.861	0,006523	1.064	179.722	0,005953	1.673	118.162	0,012032
MAYO	1.234	157.230	0,007848375	1.116	160.186	0,006967	1.055	196.870	0,005359	1.297	122.983	0,009379
JUNIO	1.191	157.054	0,007583398	981	143.757	0,006824	995	167.656	0,005941	1.015	123.931	0,007847
JULIO	1.152	163.671	0,007038519	1.029	143.449	0,007173	1.079	154.397	0,006988			
AGOSTO	991	162.523	0,006097591	1.107	150.048	0,007378	970	156.546	0,006196			
SEPTIEMBRE	1.002	147.741	0,006782162	1.130	151.130	0,007477	1.190	168.653	0,007014			
OCTUBRE	1.132	176.032	0,006430642	1.104	170.242	0,006485	1.187	163.584	0,007258			
NOVIEMBRE	1.140	170.520	0,006685417	1.188	203.432	0,00584	1.261	158.558	0,007953			
DICIEMBRE	1.189	168.768	0,007045174	1.281	179.390	0,007141	1.502	161.968	0,008273			
CONSUMO TOTAL	13.675	1.936.636	0,085301193	13.292	1.958.488	0,081866	13.874	2.044.552	0,081972	6.843	893.322,93	0,053554

Fuente: EMPOPAMPLONA S. A; editado De la hoz 2016.

Imagen 8: relación de consumo de energía plata monte-adentro

PLANTA DE TRATAMIENTO MONTEADENTRO												
ENERGIA												
	2012			2013			2014			2015		
	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3	KWH/MES	M3/MES	KWH/M3
ENERO	335	128.818	0,002600572	659	135.303	0,004871	507	118.780	0,0042684078	446	119.828	0,003784
FEBRERO	309	129.117	0,002393174	595	126.043	0,004721	383	108.013	0,0035458556	411	110.646	0,003691
MARZO	236	141.657	0,001665997	511	130.017	0,00393	377	124.681	0,0030237175	745	97.773	0,006259
ABRIL	285	134.673	0,002116230	683	121.393	0,005626	360	121.004	0,0029751106	571	118.162	0,00476
MAYO	307	138.772	0,002212266	574	131.691	0,004358	353	121.993	0,0028935996	421	122.983	0,003383
JUNIO	308	134.624	0,002287859	568	128.319	0,004428	285	117.589	0,0024237016	375,29191	123990,855	0,00300877
JULIO	291	138.281	0,002104414	589	128.090	0,004598	353	132.815	0,0026578403			
AGOSTO	304	138.686	0,002191996	529	128.936	0,004103	344	128.865	0,0026694562			
SEPTIEMBRE	317	136.819	0,002316935	551	126.746	0,004347	248	124.175	0,0019971756			
OCTUBRE	518	138.605	0,003737251	571	128.499	0,004444	342	129.519	0,0026405328			
NOVIEMBRE	582	135.830	0,004284778	462	123.081	0,003754	369	124.574	0,0029620874			
DICIEMBRE	637	135.538	0,004699791	418	126.505	0,003304	331	127.468	0,0025967285			
CONSUMO TOTAL	4.429	1.631.419	0,03261126	6.710	1.534.624	0,052483	4.252	1.479.477	0,0346542134	2.969	693.323	

Fuente: EMPOPAMPLONA S.A; editado De la hoz 2016.

9.1.4. Insumo Energía

Para el año 2012 se consumieron 13.675 kWh/año esta variable se obtuvo de la sumatoria de kWh/mes al multiplicarlo por el valor registrado en la tabla 13 se tendrá un total de \$4.895.650; para el año 2013 se tiene un consumo de 13.292 kW a un precio de \$362 para un total de \$4.811.704 para el año 2014 consumió 13.874 kW que al multiplicarlo por el valor registrado en la Imagen 7 dará un valor de total de \$5.285.994, para el año 2015 se consumieron 6.843 kW a un costo de \$391 por kW para un total de 2.675.613.



9.2. Monte-adentro

9.2.1 Insumo Clarifloc.

En la planta de monte-adentro se utiliza como insumo tratante el clarifloc la siguiente relación es la sumatoria de los kilogramos utilizados en cada mes del año para así obtener el total de kilogramos utilizados cada año; para el año 2012 se consumieron 4.950 kilogramos los cuales se multiplicaron por el valor por kg registrados por el valor de la tabla 12 obtendremos un valor de para un total de \$9.405.000; para el 2013 se consumieron 8.325 kilogramos a un precio de \$2000 para un total de \$16.650.000; para el año 2014 se gastaron 9.400 kilogramos a un precio de \$2.185 para un total de \$20.539.000; para el año 2015 se utilizaron 6.275 kilogramos a un precio por kilogramo de \$2.185 para un total de \$13.710.875.

9.2.2. Cloro gaseoso

Esta sociedad en la planta de tratamiento monte-adentro utiliza cloro gaseoso para tratar el agua y se tiene el consumo en kilogramos por mes para obtener la relación de lo que se consume en un año se tiene la sumatoria de los kilogramos por mes para así obtener los kilogramos por año para el año 2012 se tiene 1.746 kilogramos a un precio de \$ 9000 para un valor de \$15.714.000 ; para el 2013 se consumió en cloro gaseoso para tratar el agua 1.755 kilogramo a un precio de \$9800 para un total de \$17.199.000; para el año 2014 se tiene un consumo de 1.791 a un precio de \$10.259 por kilogramo para tener un valor de \$18.373.869 para el 2015 se consumieron 1.442 kilogramos de cloro gaseoso a un precio por kilogramo de \$10.259 para un total de \$14.793.478.

9.2.3. Hipoclorito de sodio.

La empresa pública EMPOPAMPLONA S. A utiliza hipoclorito de sodio 0.7644 kilogramos desde el año 2012 hasta 2015 a un valor de \$2227 cada año tiene un precio en promedio de \$556.75.

9.2.4. Insumo energía

Para esta planta se realizó el mismo proceso descrito en el subtítulo determinación del precio del kW para el consumo de energía y cálculo de datos faltantes luego se procedió a calcular los costos de la siguiente manera: para el año 2012 la planta de monte-adentro consumió 4.429 kWh/año al realizar la operación indicada se obtiene tomando el valor registrado en la tabla 13 un valor total de \$1.585.582; para el año 2013 presenta un consumo de 6.710 kW a un costo de \$362 kW para un total de \$2.429.020; para el año 2014 se consumieron 4.252 kW a un precio por kW de \$381 para un total de \$1.620.012;



para el año 2015 se pronosticó un consumo de 2.969 kW a un precio por kW de \$391 para un total de \$1.160.879.

10. CORRELACIONES

Una vez obtenidos los valores de la medias, la carga contaminante por insumos utilizados en la pantas de tratamiento de agua se totalizaron para ser llevados al software y así hallar el grado de asociación que existen entre las variables por medio de la correlación de Pearson.

Imagen 9: Vista de datos del software Spss Statistics de la sumatoria de las medias y los contaminantes de los insumos Clarifloc y cloro gaseoso

	S_MEDIAS_CLARIFLOC	S_MEDIAS_CLORO	S_CONTAMINANTES_CLARIFLOC	S_CONTAMINANTE_S_CLORO	S_H2O_TRATADA	var	var
1	,060	,007	,0793	,00916	6986335		
2	,020	,005	,0328	,00568	5338842		
3							

Fuente: SPSS STATICS 20.

A continuación se muestra la tabla de correlación de Pearson para las variables relacionadas por medio del software SPSS STATITICS Y LCA MANAGER.



Tabla 14: correlación entre las sumatoria de las medias de los insumos, la carga de contaminantes y cantidad de agua tratada.

Correlaciones

		S_MEDIAS_C LARIFLOC	S_MEDIAS_C LORO	S_CONTAMIN ANTES_CLAR IFLOC	S_CONTAMIN ANTES_CLO RO	S_H2O_TRAT ADA
S_MEDIAS_CLARIFLOC	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1 2	1,000** .	1,000** .	1,000** .	1,000** .
S_MEDIAS_CLORO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1,000** .	1 2	1,000** .	1,000** .	1,000** .
S_CONTAMINANTES_CL ARIFLOC	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1,000** .	1,000** .	1 2	1,000** .	1,000** .
S_CONTAMINANTES_CL ORO	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1,000** .	1,000** .	1,000** .	1 2	1,000** .
S_H2O_TRATADA	Correlación de Pearson Sig. (bilateral) N	1,000** .	1,000** .	1,000** .	1,000** .	1 2

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: SPSS STATICS 20.

En la tabla 14 se muestra la correlación existente entre la sumatorias de las medias del insumo clarifloc y cloro gaseoso, la carga contaminante emitida durante el proceso por estos insumos y la cantidad de agua tratada de esto podemos deducir que las variables representadas provienen de una población diferente de cero imagen 9 es decir estas están relacionadas entre sí por lo tanto es una correlación exhaustiva y perfectas esto está indicando que el diseño experimental es válido y presenta una fase experimental viable estadísticamente aunque la muestra tomada es pequeña, por ende no conocemos la dispersión entre los datos.

11. PRUEBA PILOTO ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DEL PROCESO

En las visitas técnicas se colectaron muestras las cuales nos permito realizar el análisis físicos, químicos y microbiológicos de las plantas Cariongo y Monte-adentro.

En el marco del análisis del ciclo de vida de las plantas de potabilización de agua del municipio de Pamplona (Cariongo y Monte-adentro) se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua en las diferentes etapas de dicho proceso. En la tabla 15, 16 y 17 se encuentran los resultados de los parámetros



físicos, químicos y microbiológicos que se escogieron para hacer la comparación con la normativa vigente en el país.

Por medio del parámetro turbiedad hallado en este análisis se obtendrá la eficiencia en el proceso.

Tabla 15: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de captación.

ANALISIS/ PARAMETRO	MÉTODO EMPLEADO	ETAPA CAPTACION		MAXIMO ADMISIBLE/NORMATI VA
		RESULTADO		
		CARIONGO	MONTEA DENTRO	
COLOR	Colorimétrico	295	34	15 UPC
Ph	Electrométrico-Electrodo de pH	7.68	7.67	6.5 – 9
T°	Termómetro	13.7	13.7	20°C (optima)
OD	Electrodo de membrana	6.18	6.8	> = 4 mg/l
TURBIEDA D	Nefelómetro	8.13	6.43	5 NTU
CONDUCTI VIDAD	Electrométrico- conductímetro	30.4	29.7	50 - 1000 micromhos/cm
ALCALINID AD	Volumétrico	15	10	100 mg/l CaCO3
DUREZA TOTAL	Volumétrico	20	10	160 mg/l CaCO3

Fuente: NANOSOST 2015.

Tabla 16: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de clarificación.

ANALISI S/ PARAM ETRO	MÉTODO EMPLEADO	ETAPA CLARIFICACIÓN		MAXIMO ADMISIBLE/N ORMATIVA
		RESULTADO		
		CARIONGO	MONTEADENTR O	
COLOR	Colorimétrico	43	29	15UPC
pH	Electrométrico- Electrodo de pH	7.68	7.67	6.5 – 9
T°	Termómetro	13.7	13.7	20°C (optima)
OD	Electrodo de membrana	5.95	6.43	7 mg/l
TURBIE DAD	Nefelómetro	1.06	1.18	2NTU
CONDU CTIVIDA D	Electrométrico- conductímetro	47.2	31.4	50 - 1000micromho s/cm
ALCALI	Volumétrico	16	13	100mg/l



NIDAD				CaCO ₃
DUREZ A TOTAL	Volumétrico	19	10	160mg/l CaCO ₃

Fuente: NANOSOST 2015.

Tabla 17: Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la etapa de almacenamiento.

ANALISIS/ PARAMETRO	MÉTODO EMPLEADO	ETAPA ALMACENAMIENTO		MAXIMO ADMISIBLE/NORMATIVA
		RESULTADO		
		PLANTA 1	PLANTA 2	
COLOR	Colorimétrico	27	30	15UPC
Ph	Electrométrico-Electrodo de pH	7.68	7.68	6.5 – 9
T°	Termómetro	13.7	13.7	20°C (optima)
OD	Electrodo de membrana	5.81	6.17	7 mg/l
TURBIEDAD	Nefelómetro	0.69	1.33	2NTU
CONDUCTIVIDAD	Electrométrico-conductímetro	44.3	27.9	50 – 1000 micromhos/cm
ALCALINIDAD	Volumétrico	15	11.5	100mg/l CaCO ₃
DUREZA TOTAL	Volumétrico	16	14	160mg/l CaCO ₃
COLIFORMES TOTALES	Análisis Microbiológico/filtración por membrana	0	0	0 UFC/100 ml
COLIFORMES FECALES	Análisis Microbiológico/filtración por membrana	0	0	0 UFC/100 ml

Fuente: NANOSOST 2015.

De las tablas 15,16 y 17 se puede describir los siguientes parámetros.

Color
Conductividad

Color: Los valores exceden el límite máximo admisible. Pueden presentarse tres escenarios diferentes para la obtención (alteración) de los resultados; PRIMERA: debida al instrumento de medición (des calibrado); SEGUNDA: error humano (mala lectura por parte del personal); TERCERA: debida al arrastre de materiales como arcillas, arenas y elementos vegetales, los cuales al descomponerse

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial	Código	00
		Página	80 de 93

disuelven en el agua compuestos minerales que afectan directamente el color del agua y que durante el proceso de potabilización es muy difícil eliminarlos. (Aplica para la plata de Cariongo y para la planta de Monte-adentro).

Conductividad: Los valores se encuentran por debajo del rango admisible. Pueden presentarse tres escenarios diferentes para la obtención (alteración) de los resultados; PRIMERA: debida al instrumento de medición (descalibrado); SEGUNDA: error humano (mala lectura por parte del personal); TERCERA: puede deberse a la poca cantidad de sales presentes en las fuentes hídricas de donde se hace la captación, pero también puede estar relacionada con las precipitaciones que se hubiesen podido presentar en la zona, las cuales aumentaron el volumen de agua disolviendo las sales presentes allí, que afecta directamente el valor de la conductividad del agua. (Aplica para la plata de Cariongo y para la planta de Monte-adentro).

En cuanto a los resultados microbiológicos en la fase de captación el conteo de los microorganismos arrojó incontable, debido a que en esta fase no se realiza ningún proceso de eliminación de agentes orgánicos y químicos en el agua. En la fase de clarificación si se realizó el conteo de microorganismos dando como resultados valores altos, esto dado que, tan solo en esta etapa se remueve una parte de sólidos suspendidos a través de proceso físico. Por último en la fase de almacenamiento para la planta Cariongo los valores de coliformes totales, coliformes fecales y colifagos dieron como resultado cero (0), para la planta monte-adentro en esta etapa los resultados para coliformes totales y coliformes fecales fue cero (0).

este análisis físico químico y microbiológico aportado por el grupo de investigación NANOSOST se tendrá en cuenta al momento tomar decisiones para implementar nuevas tecnológicas que conlleven a reducir el impacto ambiental generado en el indicador ambiental calentamiento global y que contribuya a cumplir con el séptimo objetivo del milenio y permitirle a la comunidad el acceso agua potable salubre por este motivo a continuación se presenta propuesta de mejoramiento para las plantas potabilizadoras de la empresa de servicios públicos EMPOPAMPLONA S.A.

La eficiencia se calculara con la siguiente formula la cual está contemplada en el RAS 2000 en el capítulo 6 control de procesos:

$$\text{Eficiencia} = (1 - \text{turbiedad de salida} / \text{turbiedad de entrada}) * 100$$

Según el análisis físico químico tenemos que la turbiedad de salida es decir en la etapa de almacenamiento es igual a 0.69 y 1.33 para cada una de las plantas objeto de estudio, y la turbiedad de entrada es de 8.13 y 6.43 respectivamente.



Por lo tanto se procede a calcular las eficiencias para la planta potabilizadora Cariongo y Monte-adentro.

$$\text{EFICIENCIA PLANTA CARIONGO} = (1 - 0.69 / 8.13) * 100 = 91.5 \%$$

$$\text{EFICIENCIA PLANTA MONTE-ADENTRO} = (1 - 1.33 / 6.43) * 100 = 79.3\%$$

El medir la eficiencia nos permite ver que el proceso realizado actualmente por la empresa de servicios públicos tiene la virtud y las facultades para lograr dicho proceso presentando eficiencias de 91.5% excelente y 79.3% presentando una eficiencia aceptable respectivamente.

12. COSTO TOTAL PRODUCCION AGUA POTABLE

Tabla 18: Costo del insumo Clarifloc por planta

NOMBRE DE LA PLANTA	COSTO TOTAL (\$)	CANTIDAD DE AGUA TRATADA (M3)
CARIONGO	199.868.250	6.986.335
MONTEADENTRO	60.304.875	5.338.842
TOTAL INVERTIDO	260.173.125	

Fuente: De la hoz 2016.

La empresa invierte en el insumo clarifloc la suma de \$260.173.125 (ver tabla 18).

Tabla 19: costo del insumo cloro gaseoso

NOMBRE DE LA PLANTA	COSTO TOTAL (\$)	CANTIDAD DE AGUA TRATADA (M3)
CARIONGO	130.563.008	6.986.335
MONTEADENTRO	66.080.347	5.338.842
TOTAL INVERTIDO	196.643.335	

Fuente: De la hoz 2016.

La sociedad objeto de estudio como se observa en la tabla 17 invirtió la suma de \$196.643.355 en el insumo cloro gaseoso para tratar 12.325.177 metros cúbicos de agua dulce.

Tabla 20: costo del insumo hipoclorito de sodio.

NOMBRE DE LA PLANTA	COSTO TOTAL (\$)	CANTIDAD DE AGUA TRATADA (M3)
CARIONGO	2.227	6.986.335
MONTEADENTRO	2.227	5.338.842
TOTAL INVERTIDO	4.454.	

Fuente: De la hoz 2016

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial	Código	00
		Página	82 de 93

Para este insumo invirtió la suma de 4.454 pesos.

TABLA 21: costo total del insumo energía

NOMBRE DE LA PLANTA	kW TOTAL	COSTO TOTAL(\$)
CARIONGO	47.684	17.668.961
MONTEADENTRO	18.360	6.792.493
TOTAL	4.454.	24.464.454

Fuente: De la hoz 2016.

Según los valores registrados en la tabla 21 la empresa invierte en el insumo energía un total de \$ \$24.464.454 y utilizo 66044 kW durante los 41 meses estudiados en este proyecto para tratar 11.965.840 m3 de agua.

Tabla 22: costo total del proceso en cada planta

NOMBRE DEL INSUMO TRATADO	COSTO TOTAL
CLARIFLOC	260.173.125
CORO GASEOSO	196.643.355
HIPOCLORITO DE SODIO	4.454
ENERGIA	24.464.454
TOTAL	481.285.388

Fuente: De la hoz 2016.

La empresa de servicios publico invierte en insumos para el tratamiento de agua potable la suma de \$481.285.388 para tratar 12,325.177 metros cúbicos en los 41 meses de estudio periodo comprendido de enero del año 2012 a junio del 2015 datos registrados en la tabla 22.

En este estudio se consideran los costos externos (no pagados directamente por EMPOPAMPLONA S.A) ya que estos son pagados por la comunidad, incluyendo el deterioro del medio ambiente en este estudio medido con el indicador de impacto medioambiental calentamiento global por tal motivo se tendrán en cuenta para una futura toma de decisiones.

NOTA: En la relación de costo anterior no se tuvo en cuenta el salario de los trabajadores ya que por ser capital humano nunca se prescindirá de ellos porque son necesario para mantener las plantas en buenas condiciones.

COSTO EFECTIVIDAD

El costo efectividad nos permite comparar los costos monetarios y los efectos no monetarios.

El análisis costo efectividad nos permite conocer la relación entre los impactos obtenidos y el valor presente de los costos, el costo efectividad incluye la



posibilidad de traducir el impacto social a valores expresados en moneda corriente. (Cinterfor 2014)

Para este proyecto se sacara la relación entre los impactos obtenidos y el valor presente de los costos.

$$\text{Relación beneficio-efectividad} = \frac{\text{Impactos}}{\text{Valor presente de los costos}} \times 100$$

Fuente: Cinterfor 2014

$$\text{Relación costo-efectividad} = \frac{\text{Valor presente de los costos}}{\text{Impacto}} \times 100$$

Fuente: Cinterfor 2014

Al sumar la carga contaminante se obtiene un valor de 0,12694 y el costo total del proceso para los 41 meses de estudio será de \$ 481.285.388 por ende se procede a sacar la relación beneficio-efectividad y la relación costo-efectividad para este estudio.

$$\text{Relación beneficio-efectividad} = (0,12694/481.285.388) * 100 = 2.63752034E-08\%$$

$$\text{Relación costo-efectividad} = (481.285.388/0,12694) * 100 = 3.791439956E11\%$$

Lo cual nos permite conocer la eficiencia medida en niveles de contaminación que la producción de agua potables esta emitiendo por ende el beneficio efectividad para la este sistema de potabilización tiene un eficiencia en contaminar del 2.63E-08% lo cual quiere decir que en esta medida está influenciando que el calentamiento global aumente día a día.

Por medio de la relación costo efectividad podemos conocer que si estas emisiones se pudieran cuantificar la empresa tendría un alza de 3,79E11 en su valor total de producción debido a que se le implementaría la teoría de la economía ambiental (Smith).



13. CONCLUSIONES

Por medio de la aplicación del diseño experimental analítico-deductivo se analizaron los datos suministrados por EMPOPAMPLONA S.A E.S.P. por medio de la utilización del software SPSS STATISTICS 20, lo cual nos permitió hallar los datos para realizar el inventario de la base de datos ECOINVENT para luego calcular el nivel de impacto ambiental con el indicador calentamiento global calculado a través del software LCA MANAGER donde se pudo identificar que las etapas que más contaminan durante todo el proceso son las de coagulación y desinfección que son las etapas donde se le adiciona el coadyuvante clarifloc y el cloro gaseoso respectivamente; por tal motivo se buscara reemplazar o disminuir durante este proceso la utilización de estos insumos.

Debido al alto poder oxidante del ozono es más viable tratarlo por este método.

Se valoró ambiental y económicamente el proceso de potabilización del agua lo cual nos permitió plantear estrategias para disminuir el impacto calentamiento global.

En el presente proyecto no se trabajaron variable exógenas debido a que la correlación existente entre la variable precipitación e insumo clarifloc es regular haciendo insignificante para la afectación del proceso o la toma de decisiones esto nos permitirá en futuras investigaciones estandarizar el proceso y así aportar a la disminución del calentamiento global.



14. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO Y RECOMENDACIONES.

14.1 DE AGUA CON OZONO

DESCRIPCION DEL PROCESO

Gracias al diseño de experimental llevado a cabo se pudo establecer que las etapas que están generando mayor impacto ambiental son la coagulación y la desinfección por ende se hace necesario replantear estas etapas en el proceso de potabilización del agua; la etapa de captación y desarenación seguirá siendo igual al proceso descrito en el proceso convencional luego se procedería a realizar una pre ozonificación lo cual generara óxidos metálicos que se convierten en floculantes se le adicionara una cantidad mínima del coadyuvante para asegurarnos que las partículas se aglutinen de manera correcta el proceso de sedimentación y la filtración se realizaran igual que al descrito en el proceso convencional luego en la etapa de desinfección se aplicara ozonificación para realizar una desinfección primaria lo cual nos permitirá disminuir la cantidad de cloro residual utilizada se disminuirá.

La fracción de cloro añadido actualmente por la empresa es de 1.02 g/m³ y al utilizar el método de desinfección por ozonización pasaría a ser de 0,2 g/m³ esto nos generara un ahorro del 83% en cloro además cabe precisar que los niveles permisibles de cloro están entre 0,2 g/ m³ y 1 g/m³; existen estándares aceptados para el proceso de desinfección la primera contempla una dosis comprendida entre 0,2 a 0,4 ppm de ozono y la segunda es el criterio de la organización mundial de la salud según el cual debe usar una medición mínima de 0,2 ppm durante 30 minutos en el tanque de contacto para lograr la desinfección adecuada. (Geofutere 2016).

Para la implementación de esta técnica como está estipulado en el RAS 2000 capítulo 8 apartado c.8.3.3 se debe realizar la descripción de la maquinaria y el costo de la misma

Por lo tanto se consultó a la empresa Geofuture la cual produce este tipo de maquinaria la cual apporto la siguiente relación de costos:

Para determinar la capacidad de las plantas que se debían utilizar se le suministro a la empresa los datos de kilogramos utilizados en un año de clarifloc y de cloro gaseoso y la cantidad de agua tratada.

La empresa no facilito la siguiente información



Flujo de entrada = 171 m³/ h

Dosis de cloro actual usada = 1.21 g Cl/m³

A partir de estos datos la empresa consultada determina que se puede utilizar un sistema que dosifique el 0,5 g/ m³, como dosis excesiva de ozono para contrarrestar cualquier contingencia al respecto.

La empresa asumió una disolución del 70% mínimo, calculo un sistema de la siguiente característica:

Producción de ozono = 160 g/ h

Consumo máximo de energía = 3.2 kWh

Costo de la energía= 500 pesos.

Costo del ozono/m³ = 9,36 pesos/ m³

Cantidad de agua producida = 29.600.000 m³ de agua.

Costo de todo el sistema de ozonificación 201.600.00 pesos

Dentro de este costo se incluyen los siguientes equipos

Ozonizador OG 160, concentrador de oxígeno, compresor de aire, accesorios, filtros de aire, accesorios de mezcla/ difusión de ozono, transporte e instalación.

Costo amortiguado en años= 201.600.000 pesos/ 29.600.000 m³= 6.79 pesos/m³

Los costos de mantenimiento de estos sistemas se traduce en el remplazo de filtros y mantenimiento de compresores principales.

Esta empresa estimo que un máximo exagerado de 30% del costo amortiguado en 20 años= 2,04 pesos/m³.

Según los datos suministrados por la entidad consultada el costo total para 20 años será de = 9,36 + 6,79 + 2,04 = 18,19 pesos/ m³

Según datos relacionados en la tabla 19 para tratar el agua con cloro tiene un costo de 196.643.355 pesos para la planta Cariongo en los 41 meses estudiados por ende como se habla con la aplicación del ozono de un 83% del cloro utilizado se realizó la siguiente relación debido a que el costo del insumo está relacionado en la utilización de mismo.

\$ 196.643.355 = 100%

X= 83%

X= (0.83 * 196.643.355)/ 100 = 163.321.984 pesos

Por lo tanto el 17% en el precio lo cual representa en cloro el 0.2 g/ m³ que se necesita para garantizar el estado del agua es de 33.429.327.

En cuanto a la energía utilizada se recomienda reemplazarla por sistemas de producción de energía limpia entre estos sistemas se destacan la energía



fotovoltaica o energía eólica para esto se deben realizar futuras investigaciones para determinar cuál es más viable y factible.

Hay que tener en cuenta que estos costos facilitados por la empresa geo-future son costos estimados para conocer los costos con precisiones se recomienda realizar una pruebas pilotos con la implementación de esta tecnología.

14.2. TRATAMIENTO DE LODOS

PROCESO DE LA PROPUESTA

Debido a toda la problemática planteada anteriormente se consultó por medios web encontrando que este residuo se está utilizando para la producción de material cerámico para el sector construcción por lo tanto se recomienda al grupo de investigación Nanosost realice las futuras investigaciones acerca de este tema.

- 1) Primeramente se recomienda realizar una investigación exhaustiva acerca del tema.
- 2) Recolectar muestras para realizar los diferentes análisis físicos, químicos microbiológicos y de caracterización de los lodos de las plantas objetos de estudio.
- 3) Establecer el proceso para la recolección y secado del lodo.
- 4) Diseñar diagrama de proceso
- 5) Realizar el diseño y la distribución de plantas.
- 6) Realizar pruebas pilotos en trabajo conjuntos con grupos de investigación de programas a fines a este tema que permitan conocer la cantidad de lodo debe ser remplazado por la arcilla para obtener un material cerámico de las mismas características y calidad que el producido por el método tradicional.
- 7) Establecer proceso para la agregación del lodo en el proceso de la elaboración del material cerámico.
- 8) Capacitar a la industria cerámica del sector.

Según el estudio realizado por Francisco Ramírez propone la siguiente metodología para el proceso de tratamiento.

1) Mezcla

Los lodos generados en las ETA`P se recolectan a través de purgas de los decantadores, donde generalmente se depositan por gravedad o por el lavado de filtros.

Debido a que estos lodos se extraen de forma intermitente y a que las cantidades varían se deben enviar a un depósito de almacenamiento y

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial	Código	00
		Página	88 de 93

mezclas, el cual permitirá homogenizar la concentración y obtener un volumen que permita el funcionamiento de las plantas.

2) **Espesamiento**

Los fangos originados de las plantas potabilizadoras tienden a ser fangos pocos concentrados.

En el estudio consultado se muestran dos tipos de espesamiento uno por gravedad y el otro por flotación.

3) **Deshidratación**

Para este procedimiento el autor del estudio consultado recomienda hacerlo por secado térmico, luego el material será llevado a unos filtros bandas o filtros prensas. (RAMIREZ 2008).

La elección de este filtro dependerá de la futura investigación adopte como mejor método para el caso de estudio.

4) **Centrifugación**

La centrifugación consiste en una decantación que tiene lugar en un decantador cilíndrico.

Al mismo tiempo este lodo se puede utilizar en compostaje se recomienda que este método se analice e investigue por medio del grupo de investigación con mayor profundidad; la estrategia de marketing que la empresa Empopamplona puede optar con este producto por ser el fabricante lo puede obsequiar a cada usuario en el momento del pago de la factura y así generar conciencia a los usuarios en la importancia de sembrar y cuidar árboles al mismo tiempo que crea conciencia ambiental.

Las dos propuestas de mejoramiento aquí planteadas buscan disminuir la carga contaminante emitida por el proceso de potabilización del agua es decir esto se verá reflejado en la disminución del precio pagado por la empresa en tasa retributiva.

La tasa retributiva pagada por la empresa a la autoridad competente de la vigilancia de los recursos en el departamento es de \$ 16.108.742 durante un mes de operación.

Según el ras 2000 la tasa retributiva la deben calcular de la siguiente manera

MP = Total Monto a Pagar.

Tmi = Tarifa mínima del parámetro i.

Fri = Factor regional del parámetro i aplicado al usuario.



Ci = Carga contaminante del parámetro i vertido durante el período de cobro.

n= Total de parámetros sujetos de cobro.

Por lo tanto el monto total a pagar por la entidad estará reduciendo ya que estas propuestas están encaminada a reducir la carga contaminante y los parámetros sujetos al cobro.

- Se recomienda a la entidad objeto de estudio que centre su atención en las cargas contaminantes emitidas al medio ambiente las cuales según este estudio están contribuyendo al indicador medioambiental calentamiento global y aportar a la mitigación de dicho indicador.
- Se recomienda a la empresa de servicios públicos utilizar prácticas de manufacturas amigables con el medio ambiente.
- Al grupo de investigación Nanosost realizar investigaciones que permitan crear prácticas de manufacturas para el lodo de las plantas y así llevar la tecnología a las diferentes empresas del sector construcción de la región.
- Con la implementación de estas propuestas se estaría beneficiando a la industria agua potable y al cerámico por lo tanto se debe acordar con previo pacto la utilización de este material en la producción dl material y al mismo tiempo el gran beneficiario será el medio ambiente ya que ambas industrias reducirían su carga contaminante la primera por desechos de lodos y la segunda por la utilización de arcilla.



15. RESULTADOS/PRODUCTOS ESPERADOS Y POTENCIALES BENEFICIARIOS

15.1 Generación de conocimiento y/o nuevos productos tecnológicos:

Tabla 15.1. Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Materiales para la construcción a través de lodo	2	Industria cerámica y el medio ambiente

Nota: Agregue las filas necesarias

15.2 Conducentes al fortalecimiento de la capacidad científica nacional:

Tabla 15.2. Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Proceso de manufactura para la elaboración de material cerámico	2	Industria cerámica y el medio ambiente

Nota: Agregue las filas necesarias

15.3 Apropiación social del conocimiento:

Tabla 15.3. Generación de nuevo conocimiento

Resultado/Producto esperado	Indicador	Beneficiario
Ser pioneros en la zona de la industria cerámica en realizar dicho estudio	2	

Nota: Agregue las filas necesarias

	Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial	Código	00
		Página	91 de 93

BIBLIOGRAFIA

- NANOSOST. (2015). Análisis del ciclo de vida del proceso de potabilización del agua en las plantas de potabilización Cariongo y Monte-adentro ubicadas en Pamplona N. de S. En Análisis del ciclo de vida del proceso de potabilización del agua en las plantas de potabilización Cariongo y Monte-adentro ubicadas en Pamplona N. de S. (32). Pamplona, Norte de Santander Colombia: formato fp.11 universidad de pamplona.
- Alcaldía de Pamplona - Norte de Santander EL CAMBIO EN NUESTRAS MANO. (2016). Nuestro Municipio. 2015, de Sitio oficial de Pamplona en Norte de Santander, Colombia Sitio web: http://pamplona-nortedesantander.gov.co/informacion_general.shtm.
- maría Díaz. (edición 38). Aspectos generales del diseño experimental. Ávaco/news, 38, 1.
- EMPOPAMPLONA E.S.P. Documento interno. Descripción de procesos de potabilización Planta Cariongo y planta monte-adentro.
- master en biomedicina. (2007). principales datos y definiciones economía ambiental. 20 de diciembre del 2015, de ecolísima Sitio web: <http://ecolisima.com/principales-datos-y-definicion-de-economia-ambiental/>.
- MINISTERIO DE LA PROTECCION SOCIAL DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007 (Mayo 9) Por el cual se establece el Sistema para la Protección. (2007). DECRETO NÚMERO 1575 DE 2007 (Mayo 9). 2015, de MINISTERIO DE LA PROTECCION.
- MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. (2007). RESOLUCIÓN 2115 DE 2007. 2016, de MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL Sitio web: http://www.aguasyaguas.com.co/calidad_agua/images/descargas/res_2115_220707.pdf
- MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO. (2000). REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO. 2016, de MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO Sitio web: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector-de-agua-potable>.



- MANUAL DE USUARIO IBM SPSS STATICS 20. (2014). SPSS STATISTICS. 2016, de IBM Sitio web: VERSIÓN ESTUDIANTIL.
- MANUAL DE USUARIO LCA MANAGER. (2015).LCA MANAGER. LICENCIA GRUPO DE INVESTIGACION NANOSOST.
- SANEAMIENTO BOADILLA. (2010). PURIFICACIÓN DE AGUA CON OZONO. 2016, DE SANEAMIENTO BOADILLA Sitio web: <http://saneamientosboadilla.com/portafolio/39-fontaneria/65-purificacion-de-agua-con-ozono>.
- Luis Guillermo Vélez Álvarez. (2015). El precio de la electricidad en Colombia y comparación con referentes internacionales 2012-2015. 2016, de ACOLGEN,ANDEG,ANDESCO,ASOCODIS Sitio web: <http://www.andeg.org/sites/default/files/EI%20precio%20de%20la%20electricidad%20en%20colombia%202012-2015%20julio%2031%20Versi%C3%B3n%207.pdf>
- FRANCISCO RAMIREZ. (2008). LODOS PRODUCIDOS EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA POTABLE. 2016, de BOGE Sitio web: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358002/AVA_II-SEM-2014/Unidad_2/2008_Ramirez_Francisco.pdf
- OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. (2014). GUIA PARA LA EVALUACION DE IMPACTO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL. 2016, de CINTERFOR Sitio web: <http://guia.oitcinterfor.org/como-evaluar/como-se-analizan-eficacia-eficiencia>



Propuesta trabajo de grado para optar por el título de Ingeniera Industrial

Código 00

Página 93 de 93

ANEXOS

Nota: para visualizar los anexos por favor remitirse a la carpeta adjunta a este documento.