



**Tratamiento para la disposición final de los residuos sólidos generados por el  
SARS-CoV-2-**

**Camila Andrea Amaya Mora  
Daniel Mauricio Cuéllar Neira  
Ana María Durán León**

**Universidad EAN  
Facultad de Ingeniería  
Programa de Ingeniería Ambiental  
Seminario de investigación  
Bogotá D, C.  
2020**

## Tabla de contenido

1.	Resumen	4
2.	Problema de investigación	5
3.	Objetivos	7
4.	3.1 Objetivo general	7
5.	3.2 Objetivos específicos	7
6.	Análisis de requerimientos o especificaciones técnicas	8
7.	Marco de referencia	9
8.	5.1 Definiciones	9
9.	5.2 Residuos sanitarios generados por SARS-CoV-2	13
10.	5.3 Tasa de transmisión y permanencia activa del virus en superficies	14
11.	5.5 Políticas de manejo en Colombia para el SARS-Cov-2	15
12.	5.6 Tratamientos de disposición final para residuos sanitarios generados por SARS-CoV-2	20
13.	5.6.1 Despolimerización térmica	20
14.	5.6.2 Sistema para procesamiento RPBI (Residuos Peligrosos Biológicos infecciosos ) T3000	21
15.	5.6.3 Termovalorización	21
16.	5.7 Impacto ambiental.	22
17.	5.8 Transformación de las medidas adoptadas en EPP's para el SARS-Cov-2 2020-2021	23
18.	Análisis de Restricciones.	25
19.	6.1. Ambientales	25
20.	6.2. Sociales	25
21.	6.3. Capacidad de fabricación	26
22.	6.4. Éticas.	26
23.	6.5. Salud y seguridad.	26
24.	6.6. Políticas.	27
25.	Generación de posibles soluciones.	27
26.	Selección de la mejor Alternativa.	34
27.	Especificaciones de ingeniería para la solución y dimensionamiento de los componentes	36
28.	Dimensionamiento de los componentes.	37
29.	9.2 Partes	37
30.	9.3 Variables de diseño	38

31.	Análisis de costos del diseño.	42
32.	Prototipado o diseño conceptual.	43
33.	Conclusiones.	44
34.	Recomendaciones.	44
35.	Referencias	45

## 1. Resumen

El presente proyecto pretende estructurar un plan ambiental con el fin de llevar a cabo el correcto manejo de los residuos Biológicos, especialmente aquellos que se han generado durante la actual emergencia sanitaria SARS-CoV-2, así mismo se busca plantear un tratamiento para dichos residuos con el fin de mitigar el impacto ambiental que se ha estado desencadenando desde que comenzó dicha emergencia. Lo mencionado anteriormente ha generado una serie de disputas sobre el siguiente interrogante ¿Qué manejo, tratamiento o disposición se le debe dar a estos residuos?

Por este motivo, la presente investigación realizará una extensa y minuciosa revisión política y bibliográfica del nuevo código de colores, la actual resolución 666 del 24 de abril del año 2020, así como de la resolución No 2184 de 2019 y los métodos más adecuados para tratar los residuos biológicos generados por el SARS-CoV-2, ya que a través de este plan se pretende dar una posible solución a la contaminación que se ha venido generando por dicha emergencia.

## 1. Problema de investigación

Los residuos o desechos sólidos provenientes de elementos de protección por el SARS-CoV-2 en la ciudad de Bogotá han venido aumentando su generación debido a que cada vez la población retoma sus actividades cotidianas como ir a la universidad, al colegio, al trabajo, haciendo un uso diario de estos elementos de los cuales la mayoría se desechan el mismo día, es por esto que estos residuos se han vuelto un problema al no tener un buen manejo y disposición final.

El 17 de noviembre del año 2019 en Wuhan, Hubei China se dió el inicio de contagio por SAR-CoV-2, el 7 de enero de 2020 la OMS (Organización mundial de la salud) declaró el brote del nuevo Coronavirus - Covid - 19 como una emergencia de salud pública de importancia internacional y el 11 de marzo de 2020 como una pandemia, esencialmente por la velocidad de su propagación.

Los residuos biológicos son considerados un reservorio de microorganismos capaces de transmitir enfermedades infecciosas, tanto dentro como fuera de los centros productores, por tal motivo es importante darle un manejo adecuado.

En la actualidad la emergencia sanitaria producida por el SAR-CoV-2 continúa tomando relevancia a nivel mundial, lo que ha hecho que se haya generado un aumento de los residuos biológicos. Los impactos más significativos se encuentran en la mala disposición de estos residuos debido a que es posible que exista mayor control en el manejo intrahospitalario, contrario a lo que pasa en los hogares; ya que en este caso no se gestiona de la misma manera ya sea por la falta de información o por ignorancia del manejo de estos, generando de esta manera una posible mezcla de los residuos biosanitarios con los residuos ordinarios como alimentos o con los residuos aprovechables como plásticos, vidrios entre



otros causando que al realizarse un aprovechamiento de los mismos las personas que desempeñan esta labor puedan contraer el virus.

A lo largo de este documento se evidenciará las ventajas de la regulación que el gobierno ha implementado, así como también los tratamientos que se pueden llevar a cabo, abordando de esta manera la problemática y así mismo se tendrá en cuenta las características que presenta la población estudiada.

## **2. Objetivos**

### **3.1 Objetivo general**

- Generar una propuesta alternativa como estrategia de manejo para la disposición final de los residuos sólidos generados por el SARS-COV2 en la Universidad Ean Legacy

### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar por medio de una evaluación de impacto ambiental los aspectos e impactos ambientales generados por los elementos de protección contra el SARS-COV2.
- Analizar diferentes alternativas de manejo, tratamiento o disposición de los elementos de protección personal generados por la actual pandemia.
- Establecer mecanismos de seguimiento y control para una correcta disposición final de los residuos peligrosos.

### **3. Análisis de requerimientos o especificaciones técnicas**

Este proyecto se llevará a cabo desde los fundamentos teóricos y prácticos de la Ingeniería ambiental y será abordado a partir de un enfoque socio ambiental, basado en indicadores cuantitativos reales tomados de diferentes fuentes con los cuales podremos determinar el alcance y las posibles soluciones. Los indicadores que se tendrán en cuenta en el presente documento corresponderá a las cantidades de residuos biológicos generados a raíz de la crisis sanitaria SARS-CoV-2 enfocados en la población universitaria correspondiente a la universidad EAN teniendo en cuenta la alternancias presenciales y la modalidad PAT considerando los residuos como tapabocas, visores, guantes, monogafas, gafas .

Para el desarrollo óptimo de lo anteriormente mencionado se realizará una revisión bibliográfica tomando en consideración el marco legal y los diferentes tipos de análisis o documentos realizados referentes a este tema , definiendo las alternativas más eficaces de tratamiento y manejo para dichos residuos.

Posterior a esto se comparará los principales tratamientos determinando cuales son los más eficaces y efectivos así como el correcto manejo que se debe dar a estos residuos ,teniendo en cuenta los siguientes criterios: viabilidad, factibilidad, y rentabilidad de igual manera la presente investigación busca servir como soporte a futuras investigaciones encaminadas a la implementación de diferentes estrategias para el tratamiento y manejo de los residuos biológicos especialmente a los derivados de la emergencia SAR-CoV-2

#### 4. Marco de referencia

A raíz de comprender un poco más la problemática que se plantea en este proyecto de investigación, es necesario hacer referencia a la normatividad vigente que define algunos de los conceptos claves mencionados en el documento, como es el caso de residuos o desechos sólidos, residuos peligrosos, tratamientos de disposición final. También realizar búsquedas de acuerdo a otros autores que tengan experiencia o conocimiento alguno de la gestión de los residuos generados por el SARS-Covid-2.

A nivel mundial son pocos los países que están realizando una disposición final adecuada para estos residuos contaminados por el SARS-Covid-2, en Wuhan que fue el centro de la pandemia se ha estado realizando la pirolisis como tratamiento de residuos peligrosos (Aboughaly et al., 2020).

#### 5.1 Definiciones

##### SARS-CoV2:

- El SARS-CoV-2 se ha clasificado dentro del género Betacoronavirus (subgénero Sarbecovirus), perteneciente a la familia Coronaviridae. Se trata de un virus encapsulado con ácido ribonucleico (ARN) de cadena sencilla en sentido positivo, cuyo genoma consta de 30 kb aproximadamente. El genoma del SARS-CoV-2 codifica proteínas no estructurales, cuatro proteínas estructurales (la espícula [S], la envoltura [E], la membrana [M] y la nucleocápside [N]) y proteínas presuntamente accesorias. Para penetrar en la célula hospedadora, el SARSCoV-2 se vale de la proteína S (espícula), que se acopla al receptor ACE2 (enzima convertidora de la angiotensina 2) de la célula. La proteína de la espícula del SARS-CoV-2, en particular el dominio de unión al receptor, constituye un elemento crucial para la inmunidad, ya sea innata o vacunal. La diversificación del gen que codifica dicha proteína podría, por tanto, influir en la eficacia de las vacunas y de los tratamientos con anticuerpos monoclonales, así como en la inmunidad innata.

Cuando los virus se replican, en especial los virus de ARN como el SARS-CoV-2, se producen cambios (mutaciones) en su genoma. Una mutación adquirida puede perpetuarse en las poblaciones de SARS-CoV-2 si no conlleva desventajas evolutivas. Se estima que la tasa actual de evolución del SARS-CoV-2 es de  $1 \times 10^{-3}$  sustituciones nucleotídicas por sitio y año, lo que equivale aproximadamente a una sustitución en el genoma cada dos semanas. Se trata de una tasa relativamente baja, lo que limita la resolución temporal de los contagios individuales.

### **Residuo o desecho sólido:**

- El decreto 2981 de 2013 por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo, define a un residuo sólido

Como cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo.

Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables. (Ministerio de vivienda, 2013)

### **Residuo peligroso**

- El Decreto 4741 de 2005, unificado en el año 2015 en el Título 6 del Decreto 1076, define a los residuos peligrosos

Como aquellos residuos o desechos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgos, daños o efectos no deseados, directos o indirectos, a la salud

humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo peligroso a los empaques, envases y embalajes que estuvieron en contacto con ellos.

### **Agente patógeno**

- El Artículo 2.8.10.4 del decreto 780 de 2016 define a un agente patógeno como todo agente biológico capaz de producir infección o enfermedad infecciosa en un huésped. (Juriscol, 2016)

### **Bioseguridad**

- El Artículo 2.8.10.4 del decreto 780 de 2016 define a la bioseguridad como el conjunto de medidas preventivas que tienen por objeto minimizar el factor de riesgo que pueda llegar a afectar la salud humana y el ambiente. (Juriscol, 2016)

### **Gestor o receptor de residuos peligrosos**

- El Artículo 2.8.10.4 del decreto 780 de 2016 define al gestor o receptor de residuos peligrosos como Persona natural o jurídica que presta los servicios de recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento, aprovechamiento y/o disposición final de residuos peligrosos, dentro del marco de la gestión integral y cumpliendo con los requerimientos de la normatividad vigente. (Juriscol, 2016)

### **Manual para la gestión integral de residuos generados en la atención en salud y otras actividades**

- El Artículo 2.8.10.4 del decreto 780 de 2016 define el manual para la gestión integral de residuos generados en la atención en salud y otras actividades como el documento mediante el cual se establecen los procedimientos, procesos, actividades y/o estándares que deben adoptarse y realizarse en la gestión integral de todos los

residuos generados por el desarrollo de las actividades de que trata el presente Título.  
(Juriscol, 2016)

### **Tratamiento de residuos peligrosos**

- El Artículo 2.8.10.4 del decreto 780 de 2016 define al tratamiento de residuos peligrosos como el conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante el cual se modifican las características de los residuos o desechos peligrosos, teniendo en cuenta el riesgo y grado de peligrosidad de los mismos, para incrementar sus posibilidades de aprovechamiento y/o valorización ó para minimizar los riesgos para la salud humana y el ambiente. (Juriscol, 2016)

### **Aprovechamiento**

- El artículo 2.2.6.1.1.3 del decreto 1076 de 2015 define al aprovechamiento y/o valorización como el proceso de recuperar el valor remanente o el poder calorífico de los materiales que componen los residuos o desechos peligrosos, por medio de la recuperación, el reciclado o la regeneración. (Juriscol, 2015)

## 5.2 Residuos sanitarios generados por SARS-CoV-2

Los residuos sólidos sanitarios generados en la pandemia por el SARS-CoV-2 aumentaron considerablemente teniendo en cuenta el uso constante de tapabocas, guantes, caretas y otros elementos de bioseguridad necesarios para evitar el riesgo de contagio del virus. La disposición final de estos residuos es compleja debido al riesgo de transmisión de la enfermedad por parte de los recolectores de estos residuos sólidos peligrosos, y una mala gestión de estos pone en peligro al medio ambiente y las personas, es por eso que es de gran importancia un buen manejo y tratamiento de estos residuos.

Al inicio de la pandemia y en los picos más altos los residuos sanitarios en los hospitales incrementaron drásticamente en grandes cantidades principalmente mascarillas, guantes, batas, jeringas, objetos cortopunzantes, etc. (Dharmaraj & Pandiyan, 2021). Los hospitales, clínicas, centros de salud no son los únicos responsables de la generación de estos residuos ya que personas que tengan el virus activo en su cuerpo pueden ser fuentes generadoras ya que estos depositan los fluidos corporales en las mascarillas que usen.

### 5.3 Tasa de transmisión y permanencia activa del virus en superficies

La transmisión del virus SARS-CoV-2 se realiza a través de fluidos corporales y acciones como estornudos, tos, bostezos, sudor, y contacto físico. El tiempo que el virus puede permanecer activo en la superficie de diferentes materiales varía de unas pocas horas o hasta unos días de acuerdo a las condiciones ambientales o al tipo de material (Kumar et al., 2021) como se muestra en la figura 1.



Figura 1 Tiempo de permanencia en superficies del SARS-CoV-2

Aunque se tiene un estimado del tiempo de permanencia del virus hay muchos autores que afirman que el virus puede sobrevivir hasta un periodo de 9 días en superficies (Kampf et al., 2020), entre mayor sea la permanencia del virus en una superficie mayor será el riesgo de transmisión. Como se mencionaba anteriormente en este documento se debe tener en cuenta a los recicladores como sus familias ya que dicha población depende de la recuperación de dichos materiales, y se encuentran expuestos directamente a este tipo de residuos sanitarios llegando a ser propensos a infecciones y como se muestra en la Figura 1 siendo capaces de transmitir el virus a la comunidad, por tal motivo es importante tener en cuenta que el COVID-19 puede encontrarse en estos activos por lo que es necesario incorporar medidas de contención como el lavado de manos, evitar el contacto de nuestras manos con las mucosas de la boca, ojos y nariz, así mismo evitar ingerir alimentos o bebidas mientras se manipulen los materiales de reciclaje y hacer una separación en fuente.

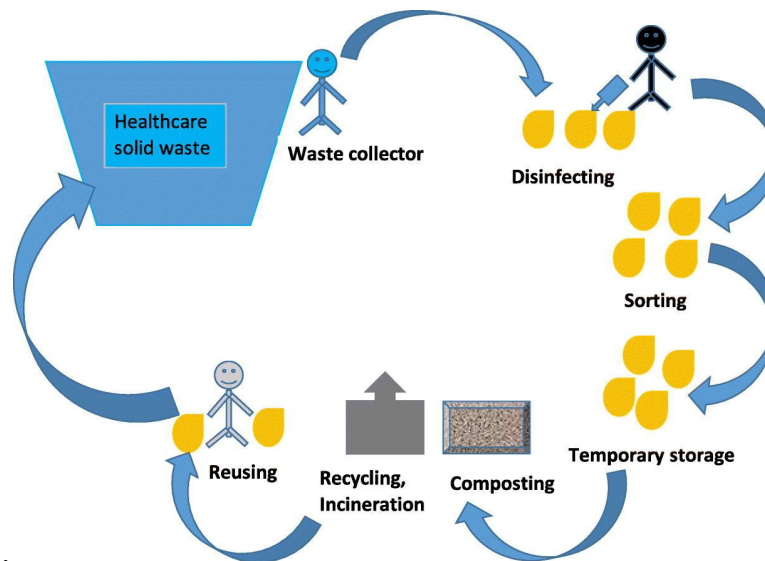


Figura 2. Transmisión del virus COVID-19 a través de residuos sanitarios

Fuente: Kumar et al.

#### 5.4 Requisitos para los sitios de almacenamiento para residuos biopatógenos.

- Los de almacenamiento primario: son en los que se colocan los residuos al momento de ser generados. Estos se encuentran en cada servicio, sala y/o consultorio.
- Los de almacenamiento intermedio son aquellos donde los residuos se acopian por sector, piso, sala por ejemplo.
- Los de almacenamiento final son aquellos donde los residuos son acopiados hasta que pasa el transportista autorizado a realizar el retiro de los mismos. (Migliavacca Julieta, 2020)

#### 5.5 Políticas de manejo en Colombia para el SARS-Cov-2

- **Resolución 2184 de 2019:** Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones.

**Artículo 4.** Adoptese en el territorio nacional, el código de colores para la separación de residuos sólidos en la fuente así:

*Color Blanco:* Plástico, vidrio, metales, papel y Cartón.

*Color Negro:* Papel higienico, servilletas, comida preparada, Residuos COVID-19 (tapabocas y guantes).

*Color Verde:* Residuos orgánicos aprovechables como cáscaras de frutas, verduras y restos de alimentos crudos

A partir del 1 de enero de 2021, los municipios y distritos deberán implementar el código de colores para la presentación de los residuos sólidos en bolsas u otros recipientes, en el marco de los programas de aprovechamiento de residuos del servicio público de acuerdo con lo establecido en los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos -PGIRS. (Ministerio de ambiente y Desarrollo, 2019)

- **Decreto 465 de 2020**

**Artículo 9:** Adicionar el artículo 2.2.6.2.3.1 del decreto 1076 de 2015, con el siguiente párrafo transitorio:

**"PARÁGRAFO TRANSITORIO.** Mientras se mantenga la declaratoria de la emergencia sanitaria por causa del coronavirus COVID-19, por parte del Ministerio de Salud y Protección Social, en el evento que la cantidad de residuos peligrosos con riesgo biológico o infeccioso generados con ocasión del COVID-19 se acerque a la máxima capacidad instalada de los gestores de dichos residuos, las autoridades ambientales competentes podrán autorizar, previa modificación transitoria de la correspondiente licencia ambiental, a otros gestores peligrosos, para que también gestionan residuos con riesgo biológico o infeccioso.

Para efectos la modificación excepcional y transitoria la licencia ambiental de que trata el presente párrafo transitorio, la autoridad ambiental competente, deberá evaluar que se cumplan las condiciones y requisitos para garantizar el adecuado almacenamiento, tratamiento y/o disposición final de estos residuos.(PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA , 2020)

- **Resolución 666 de 2020:**

Artículo 1. Objeto. Adoptar el protocolo general de bioseguridad para todas las actividades económicas, sociales y sectores de la administración pública, contenido en el anexo técnico,

el cual hace parte integral de esta resolución. Dicho protocolo está orientado a minimizar los factores que pueden generar la transmisión de la enfermedad y deberá ser implementado por los destinatarios de este acto administrativo en el ámbito de sus competencias.

Parágrafo. El protocolo que se adopta con este acto administrativo no aplica al sector salud.

Artículo 2 **Ámbito de aplicación**<sup>1</sup>. Esta resolución aplica a trabajadores del sector público y privado, aprendices, practicantes, cooperados de cooperativas o precooperativas de trabajo asociado, afiliados participes, contratantes públicos y privados, contratistas vinculados mediante contrato de prestación de servicios de los diferentes sectores económicos, productivos, en adelante trabajadores, empleadores, entidades gubernamentales, ARL y a las actividades sociales y económicas que realicen las personas, en lo pertinente.

Parágrafo 1. Para la aplicación del protocolo cada sector, empresa o entidad deberá realizar, con el apoyo de sus administradoras de riesgos laborales, las adaptaciones correspondientes a su actividad, definiendo las diferentes estrategias que garanticen un distanciamiento físico y adecuados procesos de higiene y protección en el trabajo.

Parágrafo 2. Las medidas de toma de temperatura, limpieza de zapatos, registro de clientes, proveedores y visitantes, eliminadas del anexo técnico que se modifica a través de este acto administrativo, se harán extensivas a los demás protocolos de bioseguridad expedidos por este Ministerio.

Parágrafo 3. En ningún caso, la obligación de la implementación de este protocolo podrá traducirse en el desconocimiento o desmejora de las condiciones ni en la terminación de los vínculos laborales, y demás formas contractuales del personal de las empresas.

Artículo 3. **Responsabilidades**. Son responsabilidades a cargo del empleador o contratante y del trabajador, contratista cooperado o afiliado partícipe, vinculado mediante contrato de prestación de servicios o de obra, las siguientes:

3.1. A cargo del empleador o contratante

- 3.1.1. Adoptar, adaptar e implementar las normas contenidas en esta resolución.
- 3.1.2. Capacitar a sus trabajadores y contratistas vinculados mediante contrato de prestación de servicios o de obra las medidas indicadas en este protocolo.
- 3.1.3. Implementar las acciones que permitan garantizar la continuidad de las actividades y la protección integral de los trabajadores, contratistas vinculados mediante contrato de prestación de servicios o de obra, y demás personas que estén presentes en las instalaciones o lugares de trabajo
- 3.1.4. Adoptar medidas de control administrativo para la reducción de la exposición, tales como la flexibilización de turnos y horarios de trabajo, así como propiciar el trabajo remoto o trabajo en casa.
- 3.1.5. Reportar a la EPS y a la ARL correspondiente los casos sospechosos y confirmados de COVID-19.
- 3.1.6. Incorporar en los canales oficiales de comunicación y puntos de atención establecidos la información relacionada con la prevención, propagación y atención del COVID-19 con el fin de darla a conocer a sus trabajadores, contratistas vinculados mediante contrato de prestación de servicios o de obra y comunidad en general.
- 3.1.7. Apoyarse en la ARL en materia de identificación, valoración del riesgo y en conjunto con las EPS en lo relacionado con las actividades de promoción de la salud y prevención de la enfermedad.
- 3.1.8. Solicitar la asistencia y asesoría técnica de la ARL para verificar medidas y acciones adoptadas a sus diferentes actividades.
- 3.1.9. Proveer a los empleados los elementos de protección personal que deban utilizarse para el cumplimiento de las actividades laborales que desarrolle para el empleador.
- 3.1.10. Promover ante sus trabajadores y contratistas, que tengan celulares inteligentes el uso de la aplicación CoronApp para registrar en ella su estado de salud.

3.2. A cargo del trabajador, contratista, cooperado o afiliado participe.

3.2.1. Cumplir los protocolos de bioseguridad adoptados y adaptados por el empleador o contratante durante el tiempo que permanezca en las instalaciones de su empresa o lugar de trabajo y en el ejercicio de las labores que esta le designe.

3.2.2. Reportar al empleador o contratante cualquier caso de contagio que se llegase a presentar en su lugar de trabajo o su familia, para que se adopten las medidas correspondientes.

3.2.3. Adoptar las medidas de cuidado de su salud y reportar al empleador o contratante las alteraciones de su estado de salud, especialmente relacionados con síntomas de enfermedad respiratoria y reportar en CoronApp.

Artículo 4. Vigilancia y cumplimiento de los protocolos. La vigilancia y cumplimiento de este protocolo estará a cargo de la secretaría municipal o distrital, o la entidad que haga sus veces, que corresponda a la actividad económica, social, o al sector de la administración pública, de acuerdo con la organización administrativa de cada entidad territorial, sin perjuicio de la función de vigilancia sanitaria que deben realizar las secretarías de salud municipales, distritales y departamentales, quienes, en caso de no adopción y aplicación del protocolo de bioseguridad por parte del empleador, trabajador o contratista vinculado mediante contrato de prestación de servicios o de obra, deberán informar a las Direcciones Territoriales del Ministerio del Trabajo, para que adelanten las acciones correspondientes en el marco de sus competencias. (Ministerio de salud y protección social, 2020)

## 5.6 Tratamientos de disposición final para residuos sanitarios generados por SARS-CoV-2

Debido a que la pandemia fue un acontecimiento repentino el manejo final de estos residuos no se ha realizado de la mejor manera, sin embargo en algunos países donde el pico de la pandemia fue más pronto se han llegado a realizar ciertos tratamientos finales para no propagar el virus y disponerlos adecuadamente sin presentar un riesgo a la sociedad y el medio ambiente, algunos de los procesos utilizados son pirólisis y termovalorización.

### 5.6.1 Despolimerización térmica

La despolimerización térmica o catalítica es un proceso fisicoquímico el cual descompone cadena del polímero hasta sus monómeros u oligómeros (Polímeros, 2017) bajo la acción del calor y en presencia o ausencia de un catalizador. (Vargas Valderrama & Bolaños Urbano, 2014). Dentro de la despolimerización térmica podemos encontrar los siguientes procesos para descomponer los polímeros:

- Pirólisis: La pirólisis es una técnica de reciclaje de residuos sólidos exceptuando metales y vidrios en la cual se lleva a cabo la descomposición térmica de la biomasa en una atmósfera inerte, es decir, en ausencia de oxígeno o una cantidad muy limitada del mismo. La temperatura a la cual se lleva a cabo este proceso está entre 300 y 900 °C y dependiendo a esta y otros factores (la presión, flujos o carga de materia prima, velocidad de calentamiento, tiempo de exposición, etc.) se pueden obtener mezclas de productos sólidos, líquidos y/o gaseosos. (Gil, Arias & Zapata, 2020).

La pirólisis en caso de los residuos infecciosos utiliza la inestabilidad térmica de los componentes orgánicos de los elementos de bioseguridad para convertirlos en productos valiosos, es un tratamiento amigable con el medio ambiente y sobretodo rentable (Anuar Sharuddin et al., 2016)

### **5.6.2 Sistema para procesamiento RPBI (Residuos Peligrosos Biológicos infecciosos ) T3000**

El sistema consiste en triturar y luego esterilizar por vapor de agua los residuos hospitalarios que presentan riesgos de infección. La trituración y la esterilización se llevan a cabo en un mismo recinto cerrado y compacto, sin manipulación intermedia de los desechos, la trituración de los residuos se calienta mediante vapor de agua a una temperatura de 138°C y la presión aumenta a 3,8 baros mientras que la esterilización se obtiene con una temperatura constante de 138°C en el interior de los desechos durante 10 minutos una vez terminado el proceso los desechos se pueden incorporar a la basura doméstica.(CEMSA, s.f.)

### **5.6.3 Termovalorización**

La termovalorización es la incineración de residuos sólidos que se transforma mediante la oxidación de materias combustibles contenidas en los residuos (Toro Herrera, 2019). Este

proceso transforma la basura inorgánica que ya no se puede reciclar en energía, es un proceso mediante el cual se realiza con una combustión controlada, y un muy bajo nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> (Veolia, 2019), esto lo hace a través de un proceso sofisticado y favorable para el ambiente, haciendo eficiente el manejo de la basura al convertirla en un recurso aprovechable. Donde esencialmente se basa en tres etapas:

al Problema Mundial de la Basura», 2018)

- Abrasión: Fase en la que los residuos se carbonizan a 850°C durante al menos dos segundos.
- Conversión a electricidad: Se produce electricidad pasando el vapor por una turbina.
- Distribución: De la electricidad producida

## 5.7 Impacto ambiental.

La pandemia del coronavirus podría aumentar la contaminación de los océanos y el exceso de desechos plásticos que ya amenaza la vida marina, al encontrar tapabocas desechables y guantes de látex esto se ha encontrado bajo las olas del Mediterráneo en las que se observa decenas de guantes, mascarillas y botellas de desinfectante. La ONG, los denomina "desechos del COVID". Este descubrimiento puede implicar un nuevo tipo de contaminación, que podría proliferar si millones de personas en todo el mundo se vuelcan a los plásticos de un solo uso para combatir el coronavirus. (Gestores de Residuos, 2020)

En el caso de los tapabocas que son las más usadas durante este tiempo de pandemia, a menudo contienen plásticos como el polipropileno, los cuales tienen una vida útil de 450 años, estos tapabocas son auténticas bombas de tiempo ecológicas dadas sus duraderas consecuencias medioambientales para el planeta. (Gestores de Residuos, 2020)

Actualmente la mala gestión del material sanitario y de protección contra el coronavirus es un problema que se suma a la contaminación de mares, océanos y zonas costeras, a su vez generando un impacto ambiental.

## 5.8 Transformación de las medidas adoptadas en EPP's para el SARS-Cov-2 2020-2021

Tras el brote de la enfermedad COVID-19 que se produjo en Wuhan, una ciudad de la provincia de Hubei, en China. Se registró una rápida propagación a escala comunitaria, regional e internacional, con un aumento exponencial del número de casos y muertes. El 30 de enero del 2020, el Director General de la OMS declaró que el brote de COVID-19 era una emergencia de salud pública de importancia internacional de conformidad con el Reglamento Sanitario Internacional (2005).

El primer caso en América se confirmó en Estados Unidos el 20 de enero del 2020, y Brasil notificó el primer caso en América Latina y el Caribe el 26 de febrero del 2020. Desde entonces, el COVID 19 se ha propagado a los 54 países y territorios que conforman la región occidental de América.

Desde entonces, las diferentes organizaciones que trabajan en conjunto por la salud pública y comunitaria han estado en constante trabajo para darle soluciones prontas y efectivas para el manejo y el cuidado de las personas afectadas a nivel mundial. Es por esto que surgió la necesidad de disminuir y evitar la propagación y contagio de este nuevo virus que atacó el mundo entero. La Organización Mundial de la Salud, propuso como primera instancia la detección del coronavirus a través de mediciones térmicas, como una medida provisional de detección de síntomas en las personas, si una persona superaba los 37.5 o 38°C podría ser muy probable que portara el virus, en Diciembre del 2020, expertos encontraron que una persona podía ser portadora del virus sin necesidad de presentar todos los síntomas que aparentemente eran comunes en la población infectada, razón por la cual la temperatura dejó de ser un indicador conciso y confiable. Según la OMS Los síntomas más habituales de la COVID-19 son: Fiebre, tos seca y cansancio; Otros síntomas detectados hasta el momento,

pero menos frecuentes y que pueden afectar a algunos pacientes: Pérdida del gusto o el olfato, congestión nasal, conjuntivitis (enrojecimiento ocular), dolor de garganta, dolor de cabeza Dolores musculares o articulares, diferentes tipos de erupciones cutáneas Náuseas o vómitos, diarrea, escalofríos o vértigo; Entre los síntomas de un cuadro grave de la COVID-19 se incluyen: Disnea (dificultad respiratoria), pérdida de apetito, Confusión, dolor u opresión persistente en el pecho, temperatura alta (por encima de los 38° C); Otros síntomas menos frecuentes: Irritabilidad Merma de la conciencia (a veces asociada a convulsiones), ansiedad, depresión, trastornos del sueño Complicaciones neurológicas más graves y raras, como accidentes cerebrovasculares, inflamación del cerebro, estado delirante y lesiones neurales.

Conforme a los avances de los laboratorios y las diferentes investigaciones a nivel mundial, la OMS y el propio Gobierno Nacional de Colombia se recomendó retirar los tapetes con alcohol y la toma de temperatura entre otras medidas que no eran muy eficientes para el control de la propagación de las nuevas mutaciones presentadas por el virus. Expertos a nivel mundial confirman que la toma de temperatura no permite identificar con certeza señales de infección. En la misma línea, el uso de tapetes desinfectantes tampoco muestran evidencia alguna que permita concluir que la contaminación del calzado sea fundamental en la transmisión del virus, quedando únicamente y como medida indispensable para el control viral de la población, el uso del tapabocas y visores en caso de las personas que tienen contacto frecuente con grandes cantidades de personas y en espacios cerrados.

## **5. Análisis de Restricciones.**

### **6.1. Ambientales**

Cuando se piensan de las afectaciones al medio ambiente por la instalación y funcionamiento de la tecnología de termovalorización de residuos sólidos urbanos, tienen gran importancia las emisiones de tal combustión, ya que al no saber exactamente la composición de la materia prima (residuos) la carga contaminante generada va a ser heterogénea y por ende difícil de controlar en su totalidad, dos partículas priman en el interés ambiental, las cuales son las dioxinas y furanos, las cuales son cancerígenas comprobadas por la OMS, estas se desprenden de la combustión de residuos, “una parte rechazó que accede a los hornos termina reducido a cenizas, alrededor del 15 o 20% del peso ” (Álvarez f, 2018). De igual forma la ceniza que se contiene requiere un tratamiento final, mediante celdas de seguridad, lo que sigue implicando el encierro de los residuos pero en otro estado. (Herrera, 2019)

### **6.2. Sociales**

- Falta de conciencia ambiental por parte de la comunidad que utiliza las medidas de bioseguridad contra el SARS-CoV-2.
- Error al realizar una correcta separación de los residuos Biosinitarios de los demás residuos (aprovechables y orgánicos)
- No conocer sobre el desarrollo de los tratamientos anteriormente mencionados.
- Es importante prevenir liberaciones accidentales de dioxinas y furanos ya que sería letal para los habitantes cercanos a las plantas y de la capa en general por lo que es

indispensable contar con personal capacitado para manejar esta planta de tratamiento (Herrera, 2019)

### **6.3. Capacidad de fabricación**

De acuerdo a los lineamientos de la anterior propuesta y teniendo en cuenta que lo único que se necesitaría en cuanto a la infraestructura operacional sería: Un recipiente y/o punto de acopio dispuesto entre los lineamientos del resolución 666 de 2020 para los elementos de protección personal SARS-CoV-2, se estipula, que no es necesaria la fabricación de ninguna pieza, parte, infraestructura, prototipo y demás por parte de este proyecto; ya que solo es una investigación de viabilidad en cuanto a posibles soluciones, usando los mecanismos de transporte, recolección y disposición final ya existentes.

### **6.4. Éticas.**

Una de las restricciones más importantes cuando hablamos de ética en la vida profesional, la implementación de proyectos y desarrollo de actividades es la moralidad de cada persona involucrada, los valores con los cuales está constituida su personalidad y la toma de decisiones, el criterio y la determinación de un profesional hacen que su trabajo sea totalmente transparente y honesto ante cualquier dificultad o adversidad.

### **6.5. Salud y seguridad.**

- El Consejo Asesor Científico de la Asociación Médica Federal de Alemania, investigaron los posibles riesgos a la salud causados por las emisiones de las plantas Termovalorización, entre sus hallazgos encontraron que: Las emisiones de las plantas

para todos los contaminantes caen actualmente muy por debajo del límite establecido Valores del 17º BImSchV. (VEOLIA, s.f.)

- La medidas de seguridad que utilizará la planta asegura el cumplimiento de las Directivas Europeas de Emisiones: 2000/76 (Waste Incineration Directive) así como el cumplimiento de la IED 2010/75(Industrial Emission Directive) (VEOLIA, s.f.)

### 6.6. Políticas.

La licencia ambiental, como instrumento de gestión y control de proyectos, obras o actividades que pueden generar deterioro grave al ambiente o a los recursos naturales renovables, encuentra sustento legal en la ley 99 de 1993, esta ley podría aplicarse para desarrollar la incineración realizada en el proceso de termovalorización .

### 6. Generación de posibles soluciones.

Anteriormente se propuso tres tratamientos (Despolimerización térmica, Termovalorización y el sistema para procesamiento RPBI - T3000) los cuales hacen referencia al método de incineración tomándose en consideración como posibles soluciones sin embargo a lo largo de la investigación se encontraron otros métodos que son importantes resalta y que se encuentran relacionados a continuación

**Tabla 1: Ventajas y desventajas de los diferentes métodos de tratamiento de los residuos peligrosos biológicos infeccioso, según la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002**

Métodos	Ventajas	Desventajas
---------	----------	-------------

<p style="text-align: center;"><b>Incineración</b></p>	<p>Constituye el método de eliminación definitiva más efectivo ya que puede reducir hasta el 90% del volumen y el 75% del peso y consigue una eliminación adecuada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Es la principal alternativa para el tratamiento de los residuos patológicos</li> <li>● Recuperación de energía.</li> </ul>	<p>Altos costos de instalación, mantenimiento y control de emisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Requiere controles especiales para las cenizas y los gases producidos</li> <li>● Requiere de una autorización por parte de SEMARNAT, para su operación.</li> <li>● Una incineración deficiente puede generar dioxinas y furanos en niveles superiores a los límites máximos permisibles.</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Esterilización</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Todo microorganismo puede ser eliminado por este método.</li> <li>● Es un método que puede eliminar el 100% de los gérmenes, incluyendo las esporas.</li> <li>● El costo es menor al de otros métodos.</li> <li>● Fácil en su operación, únicamente utiliza agua y electricidad.</li> <li>● No produce contaminación ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Después del tratamiento se requiere llevar a cabo la trituración de los residuos para hacerlos irreconocibles. Este paso eleva los costos del tratamiento.</li> <li>● No es útil para el tratamiento de residuos que contengan productos químicos, ya que pueden generar reacciones violentas.</li> <li>● No debe emplearse para residuos denominados patológicos.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al final del tratamiento, los residuos se consideran no peligrosos y pueden ser sometidos a compactación reduciendo el volumen hasta en un 60%</li> </ul>	
<p><b>Desinfección Química</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son económicos relativamente con otros métodos.</li> <li>• Existe una gran variedad y disponibilidad de los mismos</li> <li>• Al término del proceso, se consideran como residuos no peligrosos</li> </ul>	<p>Los desinfectantes son peligrosos para la salud humana y el ambiente, por tanto, tiene que aplicarse con técnicas especiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal debe emplear equipo de protección.</li> <li>• Requiere del conocimiento de tipo de germen y de cumplir con las especificaciones de cada producto, como tiempo de contacto, concentración, temperatura, vida útil, etc.</li> <li>• No se deben emplear como método principal de desinfección de los RPBI cuando la institución posee algún sistema de tratamiento de aguas residuales a base de bacterias.</li> <li>• Los líquidos residuales requieren de una inactivación antes de ser desechados, esta inactivación depende del desinfectante</li> </ul>

		<p>utilizado en el tratamiento.</p> <p>No destruye las esporas bacterianas</p>
<b>Microondas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectivos para la destrucción de todos los gérmenes incluso esporas de bacterias y huevos de parásitos.</li> <li>• El tiempo requerido para el tratamiento es menor en comparación con los otros sistemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los residuos requieren de un nivel específico de humedad para una mayor eficiencia del tratamiento.</li> <li>• Los costos de instalación y operación son elevados</li> </ul>

Fuente: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/13721/401071.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (Montiel, 2013)

**Tabla No 2: Tipos de Tratamientos por el método de incineración.**

<b>Tipo de Tratamiento</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>

<p><b>Despolimerización térmica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El proceso puede descomponer los venenos orgánicos, debido a la ruptura de enlaces químicos y la destrucción de la forma molecular necesaria para la actividad del veneno. Es probable que sea altamente efectivo para matar patógenos, incluidos los priones. También puede eliminar de forma segura los metales pesados de las muestras convirtiéndolos de sus formas ionizadas y organometálicas a sus óxidos estables, que se pueden separar de forma segura de los otros productos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las desventajas del método de hidrólisis están representadas por las altas temperaturas (entre 200 y 250 °C), por las presiones (entre 1,4 y 2 MPa) y por el largo tiempo necesario para completar la depolimerización</li> <li>• El proceso solo rompe las cadenas moleculares largas en otras más cortas, por lo que las moléculas pequeñas como el dióxido de carbono o el metano no se pueden convertir en aceite a través de este proceso</li> </ul>
---	--	--

**Termovalorización**

- Ante el colapso de la capacidad del relleno sanitario, la termovalorización permite minimizar la cantidad de residuos que van a ser dispuestos en el relleno y así aumentar su vida útil, si se logra una expansión de una celda o la dudosa construcción de uno nuevo.
  - La generación de energía por medio de la incineración aumentará la matriz energética del país, generando relativa independencia de sus proveedores de combustibles fósiles.
- El quiebre inminente de la leve economía circular actual de los residuos aumentará la brecha entre ricos y pobres en la ciudad, generando más problemas sociales, de seguridad y polarización de los habitantes, recordando el impacto a los predios cercanos a las plantas, si bien son “villas”, esto significa que jamás van a dejar de ser los pobladores que viven cerca de los hornos donde incineran los residuos de los mas poderosos.
  - Las experiencias en países europeos no garantizan el

		<p>funcionamiento de las plantas en Argentina, partiendo de un eje frágil de confianza, dado que la cantidad, calidad y composición de estos son muy diferentes. Las asociaciones y pymes de recuperadores no van a tener materia prima, dado que la población minimizará la correcta segregación, puesto que todos los residuos van a las plantas.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Una liberación accidental de dioxinas y furanos será letal para los habitantes cercanos a las plantas y de la Caba en general.</li></ul>
--	--	--

<p><b>Sistema para procesamiento RPBI- T3000</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Fácil de usar (proceso completamente automatizado, sistema de mantenimiento simple)</li> <li>● Fiable ( Sistema de cierre de seguridad, trituración y esterilización en un mismo recinto cerrado y compacto sin manipulación intermedia de los residuos)</li> <li>● sin emisiones peligrosas con el medio ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● No aporta a una nueva cadena productiva.</li> <li>● Su capacidad es mínima.</li> </ul>
--	--	---

### 7. Selección de la mejor Alternativa.

Según un estudio realizado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), uno de los organismos de control de la ONU, en el *convenio de Brasilea* se concretaron y socializaron las medidas de manejo y métodos de eliminación para los residuos peligrosos, entre ellos, los residuos que pueden generar riesgos patológicos.

**Tabla No 3: Resumen de los métodos de eliminación adecuados para residuos sanitarios, peligrosos y radiactivos.**

Waste categories	Incineration using BAT	Chemical disinfection	Autoclave	Microwave	Encapsulation	Special and engineered landfill <b>a/</b>	Discharge to sewer systems	Other method
Infectious waste	Yes	Small quantities	Yes	Yes	No	No	Only urine and faeces <b>c/</b>	
Pathological waste	Yes	No	<b>No</b>	<b>No</b>	No	No	No	
Sharps	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	
Pharmaceutical waste	Yes	No	No	No	Yes	Small quantities	No	Return to supplier
Cytotoxic waste	Yes	No	No	No	No	<b>e/</b>	No	Return to supplier
Chemical waste	Small quantities	No	No	No	No	<b>e/</b>	Small quantities <b>b/</b>	Return to supplier
Radioactive waste <b>d/</b>	Low-level radioactive waste	No	No	No	No	No	Low-level radioactive waste	Decay in storage; return to supplier

**a/** In accordance with national regulations and policies, landfilling may be prohibited in some countries

**b/** Not the preferred method

**c/** There could be cases where the disposal option could be used provided a number of safeguards are in place <sup>(1)</sup>

**d/** Only if the clearance levels set by the International Atomic Energy Agency are met

**e/** In exceptional cases if special requirements (e.g. encapsulation in the case of cytotoxic waste) are met<sup>(1)</sup>

Note: Entries in bold indicated preferred methods

Fuente: <http://www.basel.int/Portals/4/download.aspx?d=UNEP-CHW.13-INF-7.English.pdf>, (UNITED NATIONS, 2017)

Teniendo en cuenta los diferentes métodos aprobados y no aprobados internacionalmente, los costos, cantidades, toxicidad, radiactividad, infecciosidad y patologías, determinó que la incineración usando BAT (Best Available Techniques), es la más efectiva en cuanto a eliminación y garantía de no permitir un posible contagio posterior, ya que al ser quemado cualquier residuo, es relativamente imposible que tenga contacto con otro objeto, persona, material, etc. Existen varios riesgos que vale la pena tener en cuenta como: Contaminación del aire por superación de gases contaminantes establecidos en la ley de emisiones, y reacciones químicas explosivas (que no deberían suceder con epp SARS-CoV-2 tipo tapabocas, caretas y guantes).

Actualmente el mundo está atravesando por una emergencia sanitaria que ha cobrado la vida de muchas personas, un virus que se extendió hasta el más recóndito lugar del planeta y definitivamente no se irá tan fácil, por medio de la incineración garantizamos que el medio de transporte y su existencia de por sí, junto con su ARN y toda la información infecciosa que ataca a los seres humanos quede eliminada por completo, es nuestro deber poder darle el mejor manejo posible teniendo en cuenta que el tiempo juega en nuestra contra, porque cada día que pasa son miles de personas que pierden la vida.

## **8. Especificaciones de ingeniería para la solución y dimensionamiento de los componentes**

Como se mencionó en el punto anterior la mejor alternativa para la disposición final de estos residuos generados por el SARS-CoV-2 es la Termovalorización, por consiguiente el diseño de una planta termovalorizadora será la mejor alternativa. Para contextualizar la situación y determinar cuales son las partes de las que se compone una Termovalorizadora es pertinente tener en cuenta las etapas del funcionamiento de la planta. (Basu, 2018)

- **Abrasión:** Fase en la que los residuos se carbonizan a 850°C durante al menos dos segundos.
- **Conversión a electricidad:** Se produce electricidad pasando el vapor por una turbina.
- **Distribución:** De la electricidad producida

## 9. Dimensionamiento de los componentes.

### 9.1 Procesos de la planta

Varios países han implementado la termovalorización como alternativa a la disposición final de los residuos sólidos, sin embargo la mayoría de estas plantas no son similares por lo que su eficiencia varía, pero no sus procesos (García, s. f.).

- Recolección
- Separación y clasificación de los residuos sólidos.
- Incineración controlada de los residuos a altas temperaturas.
- Tratamiento de los gases producto de la combustión.
- Generación y aprovechamiento de la energía eléctrica.

### 9.2 Partes

Las plantas de termovalorización o también conocidas como Waste to Energy (WtE) constan de 7 componentes principales. (Di Maria & Lasagni, 2017)

- **Fosa de basuras:** almacenamiento de los residuos
- **Planta de selección:** Se separan los diferentes tipos de residuos de acuerdo a su composición.
- **Separador magnético:** Separa los materiales férricos presentes en los residuos sólidos.
- **Playas de fermentación:** Se disponen los residuos férricos por un tiempo y se obtiene materia denominada “compost”.
- **Horno tipo parrillas:** Instrumento de incineración controlada y en las condiciones legalmente establecidas (a una temperatura mínima de 850°C durante

al menos 2 segundos) de la fracción resto de residuos urbanos y asimilables a urbanos. (*COGERSA - Planta de valorización energética (Incineradora)*, s. f.)

- **Tratamientos de gases:** Esta instalación se implementa especialmente para reducción de elementos nocivos NO, CO o gases contaminantes. Además, permite cumplir con la normatividad colombiana referente a los gases permisibles.

(*Tratamientos de Gases Industriales*, 2013)

- **Caldera (Ciclo Térmico):** Una vez los residuos sean incinerados a 850°C, la caldera utiliza el calor que genera la incineración para evaporar agua y a su vez este vapor es utilizado para mover una turbina y generar energía eléctrica.

(*Termovalorización*, 2017)

- **Condensador por aire:** Una vez se genera la energía eléctrica, el vapor es enfriado mediante una condensación por aire, donde a su vez esto permite la reutilización del agua.

### 9.3 Variables de diseño

- **Caldera**

La caldera es una máquina o dispositivo que está diseñado para generar vapor, este vapor se genera mediante transferencia de calor a una presión constante, en la cual el fluido que en principio se encuentra en estado líquido se somete a un cambio de temperatura para que alcance su estado gaseoso y así se pueda producir vapor, en la mayoría de los casos el líquido que se utiliza en este tipo de maquinaria para la generación de dicho vapor es agua. (Escamilla García, Camarillo López, Carrasco Hernández, Fernández Rodríguez, & Legal

Hernández, 2020), la mayoría de las calderas usadas en el mundo disponen de estas partes en común:

- **Quemador:** Se utiliza para quemar el combustible.
- **Hogar:** Contiene en su interior al quemador y a su vez se realiza la combustión del material o fluido combustible para la posterior generación de gases a altas temperaturas.
- **Tubos de intercambio de calor:** El flujo de calor desde los gases hasta el agua se efectúa a través de su superficie.
- **Separador líquido-vapor:** Elemento indispensable para que se puedan separar las gotas de agua líquida con respecto a los gases aún calientes.
- **Chimenea:** Es la vía de escape de los gases de combustión.
- **Carcasa:** Contiene el hogar y el sistema de tubos de intercambio de calor.

Para el caso específico de la planta de termovalorización, el funcionamiento mediante la caldera se da cuando esta utiliza el calor generado y este hace que el agua de las tuberías se convierta en vapor y el este se extiende por una turbina que será la encargada de producir energía mecánica rotatoria que será posteriormente convertida en electricidad, luego este vapor es enfriado mediante condensación por aire, lo cual permite un reciclaje de agua sin mayor desperdicio.

- **Horno**

El horno es un tipo de incinerador que se utiliza a gran escala este tipo de calderas es utilizado a través de un tipo de quema directa las cuales se desarrollan a partir combustión directa, Estas operan a partir de aire primario y aire secundario los que garantizar que se oxide el material sólido carbonoso, por lo que se logran alcanzan

temperaturas muy altas las cuales son capaces de generar vapor por el cual mueve la turbina que es capaz de generar electricidad. (Montiel Bohórquez & Pérez, 2019)

El Funcionamiento de la planta se hace a través de :

<b>Proceso</b>	<b>Descripción</b>
Llegada de los camiones contenedores	Los camiones llegan a la central y los residuos sólidos son vertidos en la fosa de basuras.
Selección	Los residuos sólidos pasan a un proceso de selección en el cual se clasifican en aquellos que servirán para incinerar y los que pasan a otro proceso.
Separador Magnético	A través de un imán, se separan los materiales férricos y son llevados a una laguna de fermentación para obtener después de un tiempo, “compost”.
Horno	Se incineran los residuos haciendo que el vapor de agua en las tuberías se caliente y se transforme en vapor a presión, a partir de un rotor que se mueve y produce energía mecánica que luego es transformada en electricidad. (Global, 2013)

### Circulación de los gases

Los gases de combustión procedentes del horno circulan a través de la caldera, que produce vapor. Éste se transforma en energía eléctrica en un turbo grupo.

Los gases de la caldera pasan a través un sistema de depuración y posteriormente se presenta su lavado mediante adición de cal.

Luego se dirigen por un conducto a un filtro de mangas.

En el camino se le hace una inyección de carbón activo luego de esto los gases atraviesan una multitud de conductos porosos donde quedan retenidas las partículas y los componentes que no vamos a utilizar luego de esto los gases salen del filtro y pasan al ventilador de tiro atreves del cual su función es impulsarlos antes de esto son eliminados los óxidos de nitrógeno y dioxinas, mediante un sistema catalítico de oxidación. Así, estos gases, ya limpios de elementos contaminantes salen a la atmósfera a través de la chimenea.

(Ingrumena, 2018).

<p>Recolección de residuos.</p>	<p>Las cenizas que se recogen en el reactor y en el filtro de mangas son tratadas a través de un proceso de estabilización/solidificación con cemento y posteriormente se trasladan a un depósito de seguridad para prevenir cualquier contaminación en el medio ambiente. (Ingrumena, 2018).</p>
---------------------------------	---

Figura 2. Esquema del funcionamiento en una planta de termovalorización

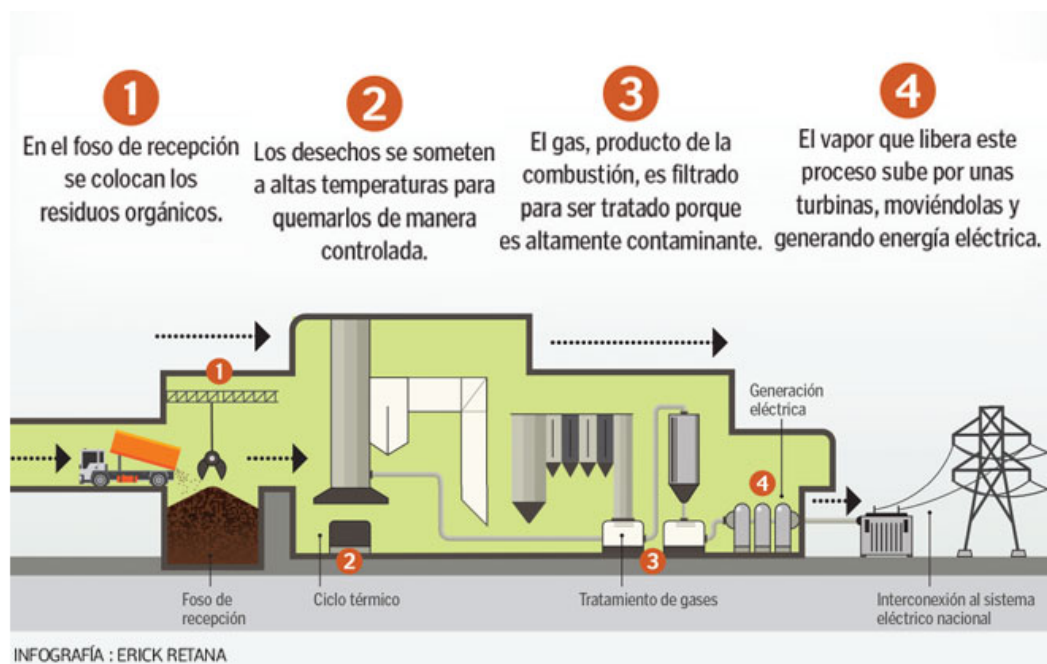
## 10. Análisis de costos del diseño con base.

De acuerdo a las investigaciones documentadas en países como Estados Unidos, Rusia, Francia y China, donde funcionan más de mil plantas termovalorizadoras con funcionamientos y experiencias óptimas que han servido de ejemplo para otros países; se logró identificar un costo de construcción e implementación de la planta oscila alrededor de los 550.000 millones de dólares, como una alternativa de tratamiento y aprovechamiento de residuos que disminuyen significativamente el impacto ambiental y pueden colaborar a las empresas y personas que hacen de los residuos una forma de vida y trabajo por medio de una economía circular.

En Latinoamérica en el año 2020, la compañía *Veolia Mexico* de origen francés construyó la planta con un costo alrededor de 11.500 millones de pesos mexicanos. Si bien esta tecnología es una alternativa de aprovechamiento, cabe

resaltar que a pesar de su inversión significativa, el costo de esta puede verse retribuido en el paso de los años, es así como Argentina es el primer país de Sudamérica en contemplar la construcción de esta.

## 11. Prototipado o diseño conceptual.



Recuperado de: <https://www.visionsustentable.com/2018/08/23/incineracion-de-residuos-el-juego-del-gran-bonete/>

Como se observa en las imágenes el proceso de termovalorización inicia con la recepción de los residuos urbanos en el cual los camiones depositan la basura en el foso que se encuentra sellado, esto con el fin de evitar malos olores y gases contaminantes, después de esto los residuos irán a unos hornos tipo parrilla que harán la descomposición térmica estos se hará de manera continua para evitar la acumulación, realizándose de manera continua con el fin de evitar la acumulación de desechos, luego se ejecutará el tratamiento de los gases, antes de que estos estén en

contacto con la atmósfera, con el fin de controlar las emisiones de acuerdo con la norma ambiental, posteriormente se desarrollara la parte de la generación eléctrica, por medio del poder calorífico de los gases generados se producirá energía la cual se generará a través de las cámaras de combustión y se recuperará a través de calderas que están conectadas directamente a los hornos y que trabajaran de manera simultánea.

## **12. Conclusiones.**

- Una de las ventajas más notables de introducir una planta termo valorizadora es lograr reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, esto lo ha logrado México con la implementación del proyecto, y basándonos en el proyecto anteriormente nombrado podemos decir que la implementación de la planta termo valorizadora será de gran beneficio para la ciudad de Bogotá. Por otro lado, gestionar este tipo de proyectos da la capacidad de utilizar de manera eficiente el presupuesto destinado por el gobierno a la disposición de residuos.
- La basura se convierte en un activo debido a la transformación de su ciclo productivo.
- La comercialización de energías limpias se vuelve una alternativa de primer nivel para la ciudad, más ecológica consciente con el problema de este siglo, el cuidado de una causa común.

## **13. Recomendaciones.**

- Es importante tener en cuenta las políticas ambientales del país en el que se va a implementar una planta termovalorizadora.
- Es necesario contar con un espacio adecuado para implementar este proyecto.

- Se recomienda realizar un tratamiento adecuado con los gases y las cenizas resultantes en el procedimiento.

#### 14. Referencias

Ambiente, M. (2020, 20 agosto). *Gobierno Nacional expide pautas para el manejo de residuos durante la pandemia*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/4680-gobierno-nacional-expide-pautas-para-el-manejo-de-residuos-durante-la-pandemia>

Girbau, M., & Galimany, J. (2006, junio). *Gestión de residuos sanitarios. ¿Conocemos lo que saben y piensan los profesionales de la salud?* Science Direct.

<https://www.sciencedirect-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/science/article/abs/pii/S0212538206711244>

World Health Organization. (2017, 10 febrero). *Residuos sanitarios*. Organización Mundial de la Salud.

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/facilities/waste/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/facilities/waste/es/)

J. (2016, 4 mayo). Decreto 780 de 2016. Juriscol.  
<https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30021559>

Jorge Eduardo Alarcon Holguin. “EQUIPOS DE PROTECCIÓN PARA  
CORONAVIRUS COVID-19 Y SU IMPACTO AMBIENTAL EN PLAYITA

MÍA, MANTA.” 2020,

[http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2565/1/TESIS%20ALARC  
ON%20JORGE.pdf](http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2565/1/TESIS%20ALARC%20ON%20JORGE.pdf).

Durando Cordero, Maria Fernanda Solis Torres y Juan Sebastian. *El derecho a la*

*Salud en el oficio del reciclaje*. primera ed., Quito- Ecuador, Maria Fernanda

Soliz Torres, 2020,

[https://www.uasb.edu.ec/documents/10181/3032588/Libro+el+derecho+a+la+  
salud/f88551e5-a40f-477c-8c33-4d5b85f0f554](https://www.uasb.edu.ec/documents/10181/3032588/Libro+el+derecho+a+la+salud/f88551e5-a40f-477c-8c33-4d5b85f0f554).

Kumar, A., Narzul, M., & Sarker, A. (2021, 15 julio). COVID-19 pandemic and

healthcare solid waste management strategy â“ A mini-review. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721012882>

Kampf, G., Todt, D., & Steinmann, E. (2020, 1 marzo). *Persistence of coronaviruses*

*on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents*.

ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195670120300463>

Dharmaraj, S., & Pandiyan, R. (2021, 1 julio). *Pyrolysis: An effective technique for*

*degradation of COVID-19 medical wastes*. ScienceDirect.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521005610>

Ministerio de salud y protección social. (24 de ABRIL de 2020). RESOLUCIÓN 666

DE 2020 . Obtenido de

[https://www.minsalud.gov.co/Normatividad\\_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20N%20o.%20666%20de%202020.pdf](https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20N%20o.%20666%20de%202020.pdf)

Ministerio de ambiente y Desarrollo. (26 de 12 de 2019). Resolución 2184 de 2019.

Obtenido de

<https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/res%202184%202019%20colores%20bolsas-41.pdf>

Vargas Valderrama, H. L., & Bolaños Urbano, L. P. (2014, septiembre).

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE LOS RESIDUOS DESECHABLES PLÁSTICOS CON RESTOS ORGÁNICOS QUE SE GENERAN EN LA UNIVERSIDAD LIBRE SEDE BOSQUE POPULAR, PARA LA

OBTENCIÓN DE COMBUSTIBLE LÍQUIDO MEDIANTE EL PROCESO DE DESPOLIMERIZACIÓN CATALÍTICA. Recuperado de

[https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11236/Proyecto%20Despolimerizacion%20Catalitica%20Laura%20Bola%C3%B1os,%20Heidy%20Vargas%209%20de%20septiembre%202014%20\(1\).pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11236/Proyecto%20Despolimerizacion%20Catalitica%20Laura%20Bola%C3%B1os,%20Heidy%20Vargas%209%20de%20septiembre%202014%20(1).pdf?sequence=1)

PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA . (23 de 03 de 2020).

*Decreto 465 de 2020*. Obtenido de

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=110796>

SD Anuar Sharuddin , F. Abnisa , WMA Wan Daud , MK Aroua Una revisión sobre la pirólisis de desechos plásticos *Energy Convers. Manag.* , 115 ( 2016 ) ,

págs.308 - 326

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890416300619>

*CEMSA*. (s.f.). Obtenido de

<https://cemsamex.com.mx/producto/sistema-para-procesamiento-rpbi-t300/>

Migliavacca Julieta, C. C. (2020). Gestión de residuos en establecimientos de salud durante la emergencia sanitaria (COVID -19). Tucuman.

Toro Herrera, C. D. (2019). Termovalorización de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Recuperado de <https://repository.usc.edu.co/bitstream/20.500.12421/678/1/TERMOVALORIZACION%20DE%20RESIDUOS.pdf>

Maria Lujan Cuestas, M. L. (2020). COVID-19: Ecos de una pandemia. 2.

Organización Mundial de la Salud, 8 de Enero de 2021. *Secuenciación del genoma del SARS-CoV-2 con fines de salud pública*. Orientaciones provisionales. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338892/WHO-2019-nCoV-genomic\\_sequencing-2021.1-spa.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/338892/WHO-2019-nCoV-genomic_sequencing-2021.1-spa.pdf).

El Proyecto. (s. f.). Veolia Mexico | Termo CDMX. Recuperado 20 de septiembre de 2020, de <https://www.veolia.com.mx/termocdmx/el-proyecto> (2020). *Especial Reciclaje*. Madrid: C & M Publicaciones.

Organización Mundial de la Salud, 23 de Diciembre de 2020. *Uso racional del equipo de protección personal frente a la COVID-19 y aspectos que considerar en situaciones de escasez graves*. Orientaciones provisionales. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339341/WHO-2019-nCoV-IPC\\_PPE\\_use-2020.4-spa.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339341/WHO-2019-nCoV-IPC_PPE_use-2020.4-spa.pdf)

Prather KA, Wang CC, Schooley RT. Reducing transmission of SARS-CoV-2. *Science*. 2020; 368: 1422-1424.

Wang W, Min YZ, Yang CM, Hong HO, Xue T, Gao Y, et al. *Association of personal protective equipment use with successful protection against COVID-19 infection among health care workers*. medRxiv. 2020. doi: <https://doi.org/10.1101/2020.04.24.20070169>.

CDC. *Personal protective equipment: questions and answers*. Coronavirus Disease COVID-19. 2020. Available in:

<https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/hcp/respirator-use-faq.html>

Public Health England. *COVID-19 Personal protective equipment (PPE)*. 21 mayo 2020. Available in:

<https://www.gov.uk/government/publications/wuhan-novel-coronavirus-infection-prevention-and-control/covid-19-personal-protective-equipment-ppe>

ECODAS. (s.f.). *Residuos bajo control*. Obtenido de

[https://www.ecodas.com/wp-content/uploads/2017/12/Ecodas\\_plaquette\\_ESP\\_WEB.pdf](https://www.ecodas.com/wp-content/uploads/2017/12/Ecodas_plaquette_ESP_WEB.pdf)

VEOLIA. (s.f.). *Planta de termovalorización CDMX*. Obtenido de

[https://www.veolia.com.mx/termocdmx/sites/g/files/dvc2021/files/document/2018/05/2018\\_-\\_Preguntas\\_Frecuentes-\\_Planta\\_de\\_Termovalorizacion-\\_FAQ.pdf](https://www.veolia.com.mx/termocdmx/sites/g/files/dvc2021/files/document/2018/05/2018_-_Preguntas_Frecuentes-_Planta_de_Termovalorizacion-_FAQ.pdf)

UNITED NATIONS. (2017). Conference of the parties to the basel convention on the control of transboundary movements of Hazardous wastes and their disposal thirteen meeting. pág. 40.

Herrera, C. D. (2019). *Termovalorización de Residuos Solidos Urbanos en la ciudad de Autonoma de Buenos Aires, Argentina*. Buenos Aires- Argentina.

Escamilla García, P. E., Camarillo López, R. H., Carrasco Hernández, R., Fernández Rodríguez, E., & Legal Hernández, J. M. (2020, septiembre). *Análisis técnico y económico de la generación de energía por incineración de residuos en*

México. Recuperado de

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2030095X?dgcid=](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2030095X?dgcid=rss_sd_all)  
[rss\\_sd\\_all](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X2030095X?dgcid=rss_sd_all)

*Tratamientos de Gases Industriales—Lavado de Gases.* (s. f.). Steuler Técnica, expertos en recubrimientos anticorrosivos y calderería industrial. Recuperado 19 de septiembre de 2020, de

<https://steuler-tecnica.com/instalaciones-industriales/tratamientos-de-gases/>

Toro Herrera, C. (2019). Termovalorización de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Cali. Recuperado de

[https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/678/TERMOVAL](https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/678/TERMOVALORIZACION%20DE%20RESIDUOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
[ORIZACION%20DE%20RESIDUOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/678/TERMOVALORIZACION%20DE%20RESIDUOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y)