

**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE UN INCINERADOR DE  
RESIDUOS HOSPITALARIOS PARA EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**



**EIDY ARELIS CERTUCHE FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN CAUCA  
2009**

**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL DE UN INCINERADOR DE  
RESIDUOS HOSPITALARIOS PARA EL MUNICIPIO DE POPAYÁN**

**EIDY ARELIS CERTUCHE FIGUEROA**

Trabajo de grado investigativo presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
Ambiental

**Director**  
**PAULO MAURICIO ESPINOSA ECHEVERRI**  
**Ingeniero Químico Msc.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**POPAYÁN, CAUCA**  
**2009**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del Director**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Popayán, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, pues es su plenitud la que hizo posible el anhelo como estudiante y continuará siendo la fortaleza como profesional.

Agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y valiosa compañía, a mis padres por ser mi guía durante toda mi vida.

A mi director de Tesis Ing. Paulo Mauricio Espinosa por su valioso asesoramiento durante el desarrollo de la tesis y a la Alcaldía de Popayán (secretaría de infraestructura- grupo de aseo) por su colaboración.

Al ingeniero Ronal Cerón, director del relleno Sanitario “El Ojito”, por su colaboración.

A la Universidad del Cauca por permitir desarrollarme como profesional, a mis profesores por contribuirme con su conocimiento y experiencia, a los jurados por sus pertinentes observaciones.

A mis compañeros y amigos con quienes he compartido esta etapa de mi vida. De manera especial a Adriana España, por su apoyo y cariño durante mi experiencia universitaria. A Jhonny García por su apoyo, comprensión y amor en esta etapa de mi vida.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. ANTECEDENTES	13
2. JUSTIFICACIÓN	16
3. OBJETIVOS	17
3.1. OBJETIVO GENERAL	17
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
4. METODOLOGIA	18
4.1. SELECCIÓN TECNICA DEL INCINERADOR	18
4.2. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	18
5. MARCO TEORICO	19
5.1. TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE RHYS DISPONIBLES EN EL MERCADO	19
5.1.1. Esterilización por autoclave	19
5.1.2. Tratamiento por incineración	20
5.1.3. Desactivación por microondas	21
5.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES DE LAS PLANTAS DE INCINERACIÓN	23
5.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INCINERACIÓN	24
PRIMERA PARTE: SELECCIÓN TÉCNICA DE UN INCINERADOR	26
6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INCINERADOR	26
6.1. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DEL INCINERADOR	26
6.1.1. Normatividad Colombiana	26
6.1.2. Oferta en el país	26
6.1.3. Características locales	27
6.1.4. Proyecciones futuras	27
6.2. RESULTADOS	28
6.2.1. Especificaciones técnicas del incinerador Premac IP 100	28
6.2.2. Diseño del emplazamiento	33
6.2.3. Evaluación económica	36

SEGUNDA PARTE: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA UN INCINERADOR	40
7. GENERALIDADES	40
7.1 INTRODUCCION	4
7.2 OBJETIVOS	40
7.3 METODOLOGIA	40
8. DESCRIPCION DEL PROYECTO	42
8.1 LOCALIZACION DEL PROYECTO	42
8.2 CARACTERISTICAS DEL PROYECTO	42
8.2.1 Estructura organizacional	42
8.2.2 Acceso al área del proyecto	42
8.2.3 Instalaciones industriales	42
8.3 ÁRBOL DE ACCIONES	42
9 AREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO (AII)	46
9.1 AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AID)	46
9.2 AREA DE INFLUENCIA DIRECTA	46
10 CARACTERIZACION DE LAS AREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO	47
10.1 MEDIO ABIOTICO (AII)	47
10.1.1 Geología	47
10.1.2 Geomorfología	47
10.1.3 Hidrología	48
10.1.4 Hidrogeología	50
10.2 MEDIO BIOTICO (AII)	50
10.2.1 Flora	50
10.2.2 Fauna	51
10.3 Medio Socioeconómico	54
10.4 MEDIO ABIOTICO (AID)	55
10.4.1 Geología	55
10.4.2 Geomorfología	55
10.4.3 Hidrología	56
10.4.4 Atmósfera	57
10.4.5 Suelo	63
10.5 MEDIO BIOTICO (AID)	64
10.5.1 Flora	64
10.5.2 Fauna	65
10.6 MEDIO SOCIOECONÓMICO (AID)	65
10.6.1 Lineamientos de Participación	65

10.6.2	Dimensión Demográfica	66
10.6.3	Dimensión Espacial	66
10.6.4	Dimensión económica	66
10.7	PAISAJE (AID)	66
10.8	ÁRBOL DE FACTORES AMBIENTALES	67
11.	ZONIFICACIÓN AMBIENTAL DEL AREA DE INFLUENCIA	68
12.	DEMANDA USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	69
12.1	AGUAS SUPERFICIALES	69
12.2	VERTIMIENTOS	69
12.2.1	Vertimientos a Cuerpos de Aguas	69
12.2.2	Vertimientos a Suelos	69
12.2.3	Emisiones Atmosféricas	69
12.2.4	Residuos sólidos	69
13.	IDENTIFICACIÓN Y VALORACION DE IMPACTOS	70
13.1	SIN PROYECTO	70
13.2	CON PROYECTO	71
13.2.1	Análisis y discusión de resultados	73
14.	ZONIFICACIÓN DE MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO	74
14.1	CATEGORIAS PARA LA ZONIFICACIÓN	74
15	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	75
15.1	CONSIDERACIONES GENERALES	75
15.2	OBJETIVOS	75
15.3	LINEAMIENTOS	75
15.4	ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PMA	76
15.4.1	Organización	76
15.4.2	Comunicación e Información	76
15.4.3	Control	77
15.5	ESTRUCTURA DEL PMA	77
15.5.1	Medidas del PMA	77
15.5.2	Programas y Proyectos del PMA	77
15.6	PLAN DE CONTINGENCIA	89
15.6.1	Objetivos del Plan de Contingencia	89
15.6.2	Medidas de contingencia por tipo de accidente	89
15.7	CRONOGRAMA	90
16	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	92

BIBLIOGRAFIA  
ANEXOS

93  
94

## LISTA DE TABLAS

	Pag
Tabla 1. Tecnologías de tratamiento de residuos hospitalarios y similares más usadas	22
Tabla 2. Emisiones atmosféricas, horno incinerador Premac IP 100	31
Tabla 3. Propuesta económica, horno incinerador Premac IP 100	32
Tabla 4. Dimensiones del tanque de almacenamiento de GLP	34
Tabla 5. Presupuesto caseta de protección para el horno incinerador y cuarto frío.	35
Tabla 6. Presupuesto de la base en concreto para el tanque de almacenamiento de GLP	36
Tabla 7. Presupuesto vía de acceso a la planta de incineración	36
Tabla 8. Costo total obras Civiles	36
Tabla 9. Costo de equipos	36
Tabla 10. Costo de transporte e instalación del horno	37
Tabla 11. Costo total de inversión	37
Tabla 12. Costo servicios e insumos	37
Tabla 13. Costo pago de personal	37
Tabla 14. Costo Plan de Manejo Ambiental	37
Tabla 15. Costo de operación anual	38
Tabla 16. Árbol de acciones para la implementación de un horno incinerador en el Municipio de Popayán.	43
Tabla 17. Principales corriente hídricas del Municipio de Popayán.	47
Tabla 18. Aforos de Caudal en el río Molino	48
Tabla 19. Aves en el municipio de Popayán	50
Tabla 20. Mamíferos en el municipio de Popayán	53
Tabla 21. Reptiles en el municipio de Popayán	53
Tabla 22. Caracterización fisicoquímica Quebrada el Ojito	55
Tabla 23. Parámetros y técnicas de muestreo para calidad de aire	60
Tabla 24. Resultados inmisión de partículas PM10, “Relleno Sanitario el Ojito”	60
Tabla 25. Resultados gases de inmisión, “Relleno Sanitario el Ojito”	61

Tabla 26. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio	61
Tabla 27. Vegetación en la zona de ubicación del proyecto	63
Tabla 28. Fauna en la zona de ubicación del Proyecto	64
Tabla 29. Árbol de factores ambientales	66
Tabla 30. Calidad de agua a utilizar en el intercambiador de calor	68
Tabla 31. Emisiones atmosféricas del horno incinerador Premac IP 100	69
Tabla 32. Matriz Causa – Efecto	71
Tabla 33. Manejo ambiental de materiales sobrantes	77
Tabla 34. Manejo ambiental de materiales y equipos de construcción	79
Tabla 35. Manejo ambiental de Residuos sólidos, especiales y peligrosos	80
Tabla 36. Manejo ambiental de residuos líquidos	82
Tabla 37. Manejo ambiental de emisiones atmosféricas y ruido	84
Tabla 38. Salud ocupacional y seguridad industrial	86
Tabla 39. Cronograma de actividades PMA	90

## LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Porcentaje de residuos hospitalarios y similares recolectados por las diferentes empresas	14
Figura 2. Enterramiento de residuos peligrosos	15
Figura 3. Drenaje de lixiviados	15
Figura 4. Celda de residuos hospitalarios	15
Figura 5. Comportamiento de los residuos hospitalarios y similares, ruta especial de Aseo	27
Figura 6. Horno incinerador, Premac IP 100	29
Figura 7. Balance de masa, cuarto frío	33
Figura 8. Localización del Proyecto	41
Figura 9. Estructura organizacional, planta de incineración Municipio de Popayán.	42
Figura 10. Valores medios de humedad relativa mensual multianual	56
Figura 11. Valores medios de evaporación mensual multianual	57
Figura 12. Valores mensuales de brillo solar mensual multianual	57
Figura 13. Climograma	58
Figura 14. Rosa de vientos Popayán.	59
Figura 15. Perfil del suelo relleno sanitario "El Ojito"	63

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Esquema del horno incinerador Premac IP 100	95
Anexo B. Distribución de los equipos	97
Anexo C. Diagrama de Cargas	99
Anexo D. Documentación técnica	104

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento inadecuado de los residuos hospitalarios y similares presenta diversos impactos negativos que no solo afectan la salud humana sino también a la atmósfera, el suelo, las aguas y causa alteraciones en el paisaje.

El presente trabajo se realizó con el fin de servir como apoyo en la elección de un método de tratamiento de residuos hospitalarios y similares en el municipio de Popayán, ofreciendo algunas especificaciones a considerar en el momento de elegir un equipo incinerador para este tipo de desechos con el fin de que se cumpla con la normatividad establecida y se afecte lo menos posible el medio ambiente. Además teniendo en cuenta que la implementación de una planta incineradora de este tipo de residuos presenta diferentes impactos ambientales tanto en la construcción de la estructura requerida para la instalación de los equipos como en el proceso de incineración de los desechos hospitalarios, se realizó la identificación y valoración de impactos para cada fase del proyecto. Los impactos identificados fueron la base en la formulación del plan de manejo ambiental, que tiene como finalidad prevenir, corregir, mitigar o compensar los impactos negativos que se presentan por acción del proyecto.

## 1. ANTECEDENTES

Los residuos hospitalarios contienen materiales tóxicos, radiactivos e infecciosos, los cuales deben recibir un tratamiento adecuado con el fin de evitar que se generen efectos nocivos en la salud humana y en el ambiente. Por lo anterior el manejo seguro de los mismos se constituye en un tema social y ambiental importante.

En Colombia y en general en América Latina hasta hace poco tiempo los residuos se incineraban en algunos hospitales o se disponían como residuos comunes, es decir, que se entregaban a los servicios urbanos de recolección, destinándose a basurales a cielo abierto. Durante la década de los noventa comenzó a visualizarse una preocupación por el manejo y el destino de estos residuos, entre otras razones por el advenimiento del SIDA (Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida) como un problema en la atención de salud. Esto llevó a la sanción de leyes y decretos que ordenaban la gestión, imponiendo criterios para su manejo intra y extramuros. También se hizo notable que el correcto tratamiento de estos residuos es más caro que el de los desechos comunes.<sup>1</sup>

En nuestro país en busca de una solución a la problemática los ministerios de salud y medio ambiente determinaron ejecutar un Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios con tres componentes básicos: El primer componente es el Decreto 2676 de 2000 el cual reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares, el segundo componente es un proceso permanente de divulgación y sensibilización dirigido al sector salud y autoridades ambientales y sanitarias de todo el país y el tercer componente es el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de residuos hospitalarios y similares en Colombia (MPGIRH), el cual se basa en dos componentes; la gestión interna que consiste en el manejo adecuado de los residuos desde su generación, segregación en la fuente, desactivación, transporte interno almacenamiento temporal y entrega a la empresa prestadora del servicio especial de aseo y la gestión externa que por lo general se realiza fuera del centro generador e incluye actividades como: recolección, transporte, el tratamiento y/o la disposición final, sin embargo cuando el tratamiento es realizado dentro del generador pasa a ser parte de la gestión interna<sup>2</sup>.

En el municipio de Popayán, el manejo de los residuos hospitalarios ha mejorado con el paso del tiempo, pero todavía se visualizan deficiencias en el tema. Hasta hace pocos años algunos de los centros generadores más grandes poseían incineradores para los residuos anatomopatológicos, pero debido a que les fue imposible cumplir con la normatividad ambiental requerida por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). Debido principalmente a los costos elevados de los muestreos periódicos, los propios centros concertaron contratar las actividades correspondientes a la gestión externa con empresas prestadoras del servicio.

La Alcaldía Municipal de Popayán viene prestando un servicio público especial de aseo desde septiembre de 2003, el cual consiste en la recolección transporte y disposición final de los residuos hospitalarios y similares como son los generados en hospitales, centros veterinarios, droguerías, laboratorios, centros odontológicos entre otros. La ruta inicia su funcionamiento con siete usuarios: Cruz Roja, Clínica La Estancia, Clínica Odontológica del Cauca, Sandra Satizabal, Cecilia Lehman, Fabiola Concha, Droguería Alianza, para

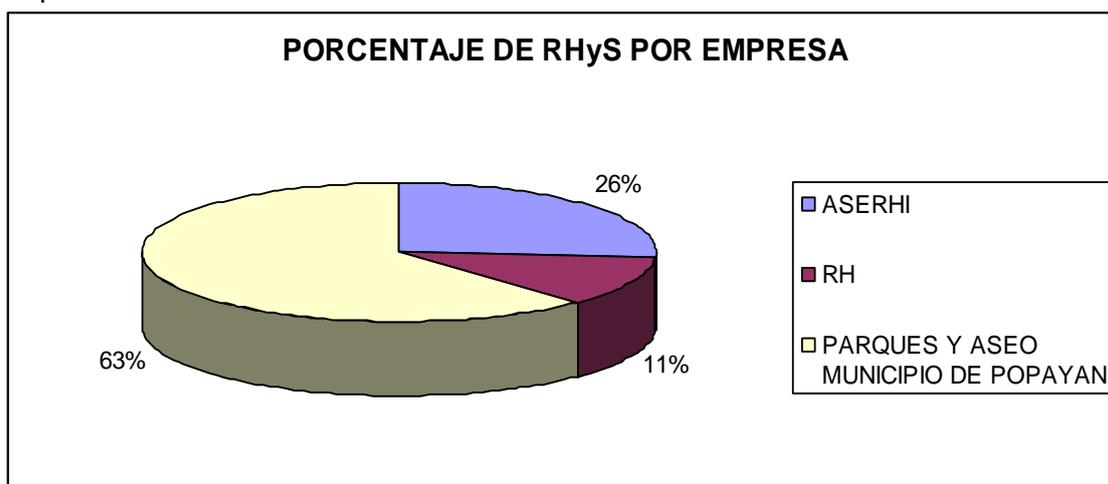
---

<sup>1</sup>RODOLFA, Maria Della. Aportes para un futuro libre de contaminantes. Proyecto internacional de eliminación de los COP. Argentina. Mayo de 2005. (Citado febrero de 2009). Disponible en Internet: <http://www.noharm.org/details.cfm?type=document&id=1217>

<sup>2</sup>COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, manual para procedimientos para la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Bogotá: Imprenta Nacional, noviembre de 2002.

diciembre del mismo año el número de usuarios se incrementó a treinta y cinco (35), en junio de 2004 se llega a 58 usuarios, en marzo de 2005 se cuenta con 82 usuarios y actualmente se tiene 188 usuarios. En el año 2004, inicia operación las empresas ASHERI Ltda. Y RH Ltda, estas empresas recogen los residuos de algunos centros generadores, donde realiza la recolección y el transporte hasta una planta incineradora, para realizar el tratamiento y disposición final de dichos desechos. En la figura 1 se muestra el porcentaje de residuos recolectados por cada una de las empresas anteriores.

Figura 1. Porcentaje de residuos hospitalarios y similares recolectados por las diferentes empresas.



Fuente: El presente estudio 2009

Como ya se mencionó la ruta de residuos hospitalarios, de la oficina de Parques y Aseo de la Secretaría de infraestructura del Municipio de Popayán realiza operaciones como la recolección, el transporte y disposición final de los residuos hospitalarios y similares. La recolección es realizada periódicamente a cada generador, la frecuencia de recolección depende de la producción de residuos en el centro generador (diarias, semanales, dos veces por semana, quincenales o mensuales), para transportar los desechos hasta el relleno sanitario se cuenta con 1 vehículo recolector.

Finalmente los residuos llegan al relleno Sanitario donde son dispuestos en una Celda de seguridad (sin que se les realice algún tipo de desactivación previa), donde llegan aproximadamente una (1) tonelada diaria de este tipo de residuos, en dos viajes generalmente, el primero llega cerca del medio día y el último al terminar la tarde. El vehículo que los transporta llega hasta la celda de seguridad y cuenta con un operario que realiza el cargue en el centro generador y el respectivo descargue del material en la celda, el relleno cuenta con otro operario quien es el encargado depositar los residuos dentro de la celda, donde son organizados y cubiertos con una capa de tierra de 30 cm, con el fin de evitar la exposición al ambiente y el contacto con la fauna del lugar; como se muestra en las figuras 2

Figura 2. Enterramiento de residuos peligrosos



Fuente: El presente estudio 2009

La celda de seguridad está construida con geomembrana de alta densidad resistente a lixiviados para evitar el contacto directo con el suelo, seguida por una capa de material granular de aproximadamente 20 cm. que actúa como filtro permitiendo el drenaje de los lixiviados los cuales por medio de canales se conecta a uno de los sistemas de drenaje de los residuos domiciliarios y confluirán en la laguna de oxidación, lo anterior indica que estos lixiviados no tienen un tratamiento especial, lo que causa un problema ambiental debido a la composición de los mismos. A lo anterior se le suma el mal estado en que se encuentran las instalaciones, especialmente el techo que afecta de manera directa el estado del suelo y por lo tanto el acceso del vehículo y el proceso de disposición de los residuos. Las figuras 3 y 4 muestran el estado actual de la celda de seguridad del relleno Sanitario “El Ojito”.

Figura 3. Drenaje de lixiviados



Fuente: El presente estudio 2009

Figura 4. Celda de residuos hospitalarios



Fuente: El presente estudio 2009

También se debe tener en cuenta que la celda de seguridad existente es la segunda que se construye dentro del relleno pues la primera ya copo su vida útil, esta ultima no cuenta con la aprobación de la CRC.<sup>3</sup> Como se puede observar El servicio Público especial de aseo en el Municipio presenta falencias, especialmente en la etapa de disposición final.

<sup>3</sup> Ing. FERNANDO PENAGOS. CRC, Subdirección de Defensa del patrimonio Ambiental, Concepto Técnico visita al relleno Sanitario, 2008

## **2. JUSTIFICACION**

El presente trabajo se realizo con el fin de brindar apoyo técnico a la Secretaria de Infraestructura del Municipio de Popayán y a la ruta especial de aseo, en busca de mejorar el servicio de disposición final de los residuos hospitalarios, también para dar cumplimiento a la norma Colombiana y mejorar la calidad ambiental. Por lo cual se propone implementar la incineración como tecnología adecuada para el tratamiento de los residuos hospitalarios en cumplimiento del Decreto 2676 de 2000; el cual en su artículo 13 referente a la desactivación, tratamiento y disposición final de los residuos hospitalarios, expone la incineración como un método de tratamiento adecuado para los residuos infecciosos, siempre y cuando las plantas para este fin cumplan con los permisos ambientales correspondientes y posean las características técnicas determinadas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar la evaluación técnica, económica y ambiental de un incinerador de residuos hospitalarios para el municipio de Popayán, con el fin de identificar los efectos que podría tener el proyecto sobre el medio ambiente y los efectos que se pueden controlar mediante una buena gestión del proyecto.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- ✓ Determinar con base en la normatividad existente y los requerimientos locales las especificaciones técnicas del incinerador.
- ✓ Identificar y valorar los impactos ambientales ocasionados por la implementación de un incinerador de residuos hospitalarios en la ciudad de Popayán.
- ✓ Formular el plan de manejo ambiental para la implementación de un incinerador de residuos hospitalarios y peligrosos en el municipio de Popayán.

## **4. METODOLOGIA**

El desarrollo del trabajo se divide en dos etapas consecutivas para las cuales se tiene:

### **4.1 SELECCIÓN TÉCNICA DEL INCINERADOR**

El desarrollo de esta actividad se basó en la revisión de la normatividad Colombiana, especialmente en los parámetros establecidos en la resolución 0058 del 21 de enero de 2002 y 0886 de 27 de Julio de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), "por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos"; y el decreto 02 del 11 de Enero de 1982. "Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. De la misma forma se considera el decreto 948 de junio 5 de 1995, reglamentario de la ley 99 de 1993.

Para la elección del horno incinerador, se consideró el comportamiento de la cantidad de residuos hospitalarios y similares que llegan al relleno sanitario "El Ojito", inicialmente se realizaron las proyecciones futuras con el fin de determinar la cantidad aproximada de residuos a incinerar en el periodo de vida útil del horno; además se tuvo en cuenta la oferta de hornos incineradores en el país, efectuando una revisión de las empresas comercializadoras de estos equipos; a las cuales se solicitó información sobre los equipos que comercializan. La empresa PREMAC S.A., con base a las características locales (ubicación de la planta y cantidad de residuos a incinerar) recomendaron el incinerador IP100, el cual cumple con las características técnicas exigidas en el artículo 13 de la resolución 0058 de 2002.

Una vez realizada la elección del horno, se efectúa el diseño del emplazamiento para el cual se tiene en cuenta el cálculo de las dimensiones del sitio de almacenamiento temporal (cuarto frío) y las dimensiones del tanque de almacenamiento de GLP. Finalmente se realiza la evaluación económica, teniendo como apoyo las cotizaciones enviadas por las diferentes empresas que comercializan estos equipos.

### **4.2 ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Con el fin de identificar y valorar los impactos ambientales que se generan con el desarrollo del proyecto de implementación de un incinerador de residuos hospitalarios, se realiza consulta literaria, visitas a las entidades involucradas con el desarrollo del proyecto (CRC, Secretaria de infraestructura Municipal, secretaria de Salud, entre otros) y consulta a expertos. Visitas a la zona de estudio con el fin de realizar la descripción de los elementos del medio y establecer la línea base ambiental. Para complementar la información obtenida por percepción ocular, se hace uso de estudios existentes para el sitio de ubicación del incinerador (Relleno Sanitario "El Ojito") y cartografía de la zona.

La metodología específica para la identificación de impactos generados se describe en el desarrollo del estudio de impacto ambiental y la formulación del Plan de Manejo Ambiental se realizó con base en la identificación de impactos.

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1 TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS HOSPITALARIOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Entre las tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos hospitalarios se encuentran los siguientes:

#### 5.1.1 Esterilización por autoclaves

✓ **Descripción del Funcionamiento.**

En el proceso se utiliza vapor saturado a presión en una cámara, conocida como autoclave, dentro de la cual se someten los residuos sólidos a altas temperaturas con la finalidad de destruir los agentes patógenos que están presentes en los residuos. En este tipo de tratamiento la temperatura y el tiempo son los parámetros fundamentales para la eficacia del tratamiento. Las temperaturas de operación deben estar entre 135 a 137°C, por un tiempo de 30 minutos como mínimo<sup>4</sup>.

✓ **Especificaciones técnicas del equipo.**

El equipo consiste en una cámara hermética, de acero inoxidable, dentro de la cual se colocarán los desechos, esta cámara puede resistir altas presiones y vacíos. En esta cámara se colocan los residuos a ser esterilizados; en primer lugar se produce vacío para extraer el aire de la cámara, luego se inyecta vapor de agua en el interior, a fin de evitar la formación de burbujas de aire donde la temperatura no alcanza los valores adecuados; nuevamente se realiza un segundo vacío extrayendo el contenido de aire y vapor de la cámara<sup>5</sup>. Se prevé que en este momento la cámara no tendrá bolsas de aire, inmediatamente después se inyecta vapor. Cuenta con un sistema de control del incremento de la temperatura hasta 137 °C, momento en el cual comienza a contar el tiempo de tratamiento de 30 minutos.

✓ **Aspectos técnico-operativos.**

Para la utilización de autoclaves se requiere que el establecimiento de salud, cuente con red de vapor suministrado por calderas. Con esta aplicación al no reducirse ni destruirse la masa, es necesario utilizar un tratamiento posterior que haga irreconocible los residuos que salen de la autoclave. Es decir, además se requiere de un equipo triturador y compactador del residuo sólido. El volumen del desecho es un factor importante en la esterilización mediante el vapor. Considerando que puede resultar difícil lograr la temperatura de Esterilización con cargas grandes, puede ser más efectivo tratar una cantidad grande de desechos en dos cargas pequeñas, en lugar de una sola. En el caso de envases de plástico (por ejemplo, polietileno), que sí resisten al calor pero impiden la penetración del vapor, es necesario destapar previamente los mismos para que el proceso de esterilización sea efectivo<sup>6</sup>. La grasa y materia orgánica voluminosa actúan como barreras dificultando el proceso de

---

<sup>4</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, manual para procedimientos para la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Bogotá: Imprenta Nacional, noviembre de 2002.

<sup>5</sup> RODOLFA, María Della. Aportes para un futuro libre de contaminantes. Proyecto internacional de eliminación de los COP. Argentina. Mayo de 2005. (Citado febrero de 2009). Disponible en Internet: <http://www.noharm.org/details.cfm?type=document&id=1217>

<sup>6</sup> PERU, MINISTERIO DE SALUD, Norma técnica para el manejo de los residuos sólidos hospitalarios. Lima 2004.

desinfección, es por este motivo que la desinfección por microondas no es eficiente para la desinfección de residuos anatomopatológicos y de animales.<sup>7</sup>

### 5.1.2 Tratamiento por incineración.

#### ✓ **Descripción del Funcionamiento**

Este tratamiento básicamente es un proceso por medio del cual los residuos son quemados bajo condiciones controladas que convierten la fracción combustible de los residuos en gases y la fracción no combustible en residuo inerte (ceniza).<sup>8</sup> El sistema garantiza la eliminación de los agentes patógenos y consigue una reducción física significativa de los residuos, tanto en peso como en volumen. Este método se utiliza para tratar los residuos peligrosos de riesgo biológico incluyendo los anatomopatológicos a excepción los residuos radiactivos, permitiendo reducir el volumen a un 90%, dejándolos irreconocibles e inertes. Los incineradores deben contar con doble cámara: primaria, que alcanza temperaturas entre 600 y 850 °C; y cámara secundaria con temperaturas superiores a los 1 200 °C; además de contar con filtro y lavador de gases.

#### ✓ **Especificaciones técnicas del equipo**

Los incineradores pirolíticos cuentan con una cámara primaria de acero, con resistencia a las temperaturas altas; esta cámara se encuentra revestida con materiales refractarios, cuya finalidad es la de retener el calor producido por los quemadores. Los quemadores, consisten en una boquilla donde se desintegra el combustible en una mezcla con aire a presión, el cual se encenderá mediante una chispa producida por un sistema eléctrico parte del equipo. La cámara secundaria, de menor tamaño que la primera, consiste también en una estructura de acero, la cual se encuentra revestida de material refractario que soporta mayores temperaturas. En la cámara secundaria los gases producto de la combustión de los desechos sólidos son incinerados mediante un quemador adicional. Las temperaturas que se deben alcanzar son superiores a los 1200 °C.

#### ✓ **Aspectos técnico-operativos**

La incineración de residuos biocontaminados requiere de temperaturas y tiempos de exposición mínimos para asegurar la destrucción de todos los microorganismos presentes. Temperaturas del orden de los 1200 °C en la cámara de combustión secundaria, con tiempos de residencia del orden de 01segundo, permitirán obtener una adecuada incineración de los elementos tóxicos generados en la cámara primaria. La composición de los residuos y la tasa de alimentación al incinerador, son aspectos fundamentales para una correcta operación y una adecuada protección del incinerador. La regulación del contenido de humedad y de la proporción de plástico resulta necesaria para evitar variaciones excesivas de la temperatura que pudieran derivar en un tratamiento inadecuado o en daños al equipo. El operador del equipo de incineración pirolítica debe contar con la certificación correspondiente que acredite su capacidad técnica en el manejo operativo del equipo.

---

<sup>7</sup> COLOMBIA. MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, manual para procedimientos para la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Bogotá: Imprenta Nacional, noviembre de 2002.

<sup>8</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, Manejo de los Residuos Hospitalarios, Popayán 2005

### 5.1.3 Desactivación por microondas

#### ✓ **Descripción del Funcionamiento.**

Proceso por el cual se aplica una radiación electromagnética de corta longitud de onda a una frecuencia característica. La energía irradiada a dicha frecuencia afecta exclusivamente a las moléculas de agua que contiene la materia orgánica, provocando cambio en sus niveles de energía manifestados a través de oscilaciones a alta frecuencia, las moléculas de agua al chocar entre sí friccionan y producen calor elevando la temperatura del agua contenida en la materia, causando la desinfección de los desechos. La aplicación de esta tecnología implica una trituración y desmenuzamiento previo de los residuos infectados, a fin de mejorar la eficiencia del tratamiento; a continuación, al material granulado se le inyecta vapor de agua y es transportado automáticamente hacia la cámara de tratamiento, donde cada partícula es expuesta a una serie de generadores de microondas convencionales que producen el efecto mencionado anteriormente. El producto final tratado está preparado para ser depositado en el relleno sanitario. El volumen de los residuos se reduce en un 60%.

#### ✓ **Especificaciones técnicas del equipo**

El equipo está conformado por: el sistema de carga automático, la unidad de trituración, los generadores de microondas y el transportador tipo gusano. El sistema de carga automático levanta los residuos sólidos hasta una cámara en la parte superior del equipo, donde los desechos son triturados previamente al proceso de manera de tener una masa homogénea de residuos. Debido al principio de funcionamiento del microondas explicado anteriormente, luego de la trituración se inyecta vapor de agua al desecho con la finalidad de elevar la humedad de los mismos de 50% a 60% hasta 90% aproximadamente. Logrado esto los desechos son transportados mediante un tornillo sin fin hasta los generadores de microondas; éstos se irradiarán con ondas de alta frecuencia durante 30 minutos. Las temperaturas de operación son de 95°C.

#### ✓ **Aspectos técnico-operativos**

Este método de tratamiento reduce los volúmenes de los residuos infectados mediante un triturador a un 60%. Hay ausencia de emisiones peligrosas, sin embargo, podrían liberarse de la cámara de tratamiento materiales volátiles durante la operación. Hay ausencia de vertidos líquidos y el producto final es irreconocible. En general, el impacto ambiental que ofrece este tratamiento es relativamente bajo. Sin embargo, posee complejidad operativa, requiere de un triturador y de una batería de generadores de microondas, de un elevador, de un transportador sin fin y de altas demandas de energía eléctrica (60 Kw. para un tratamiento de 100 Kg. /hora). Los parámetros que se deben tener en cuenta para este tipo de tratamiento son la temperatura, presión y tiempo, a fin de garantizar la esterilización completa de los residuos biocontaminados. Parámetros que se fijarán en función a las características operativas y a los tipos de patógenos que se desea eliminar. Este método requiere de una alta inversión económica, tanto para la instalación, costos operativos y de mantenimiento. Lo cual hace poco factible su implementación en los establecimientos de salud del país<sup>9</sup>.

En la tabla 1 se muestran las ventajas y desventajas de las tecnologías de tratamiento de residuos hospitalarios y similares más usadas.

---

<sup>9</sup>RODOLFA, María Della. Aportes para un futuro libre de contaminantes. Proyecto internacional de eliminación de los COP. Argentina. Mayo de 2005. (Citado febrero de 2009). Disponible en Internet: <http://www.noharm.org/details.cfm?type=document&id=1217>

Tabla 1. Tecnologías de tratamiento de residuos hospitalarios y similares más usadas

TECNOLOGIAS DE TRATAMIENTO MAS USADAS			
	AUTOCLAVE	INCINERACION	MICROONDAS
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto grado de efectividad</li> <li>• No produce emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>• Fácil operación</li> <li>• Efluentes estériles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el volumen en un 90%</li> <li>• Eliminación total de patógenos si se opera adecuadamente</li> <li>• Alto grado de efectividad</li> <li>• Destruye cualquier material que contiene carbón orgánico</li> <li>• Aplicable a cualquier tipo de residuo</li> <li>• Los restos son irreconocibles y no reciclables</li> <li>• Permite el tratamiento de residuos anatómicos y patológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduce el volumen en un 60%</li> <li>• No produce emisiones gaseosas peligrosas</li> <li>• Bajo riesgo de operación</li> <li>• No tiene efluentes</li> <li>• Alto grado de efectividad</li> <li>• Contaminación mínima</li> </ul>
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Necesita un tratamiento posterior para hacer irreconocible los residuos</li> <li>• Requiere línea a vapor</li> <li>• No reduce el volumen de los desechos tratados</li> <li>• Puede producir malos olores y genera aerosoles</li> <li>• Es necesario emplear bolsas y recipientes especiales para este tipo de tratamiento</li> <li>• No es apto para tratar residuos anatomopatológicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo en combustible</li> <li>• Riesgo en la operación</li> <li>• Costo de mantenimiento elevado</li> <li>• Conlleva el riesgo de posibles emisiones y sustancias tóxicas en la atmósfera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto costo de inversión</li> <li>• Alto costo de mantenimiento</li> <li>• Requiere de personal entrenado para su operación</li> <li>• No todos los parásitos y bacterias esporuladas son destruidos</li> <li>• No es apropiado para tratar volúmenes altos de desechos</li> </ul>

Fuente: El presente estudio 2009

## **5.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GENERALES DE LAS PLANTAS DE INCINERACIÓN.**

De acuerdo a lo establecido en el Artículo 13, Resolución 0058 21 de Enero de 2002 (M.A.V.D.T) todos los incineradores deben cumplir con las siguientes características de diseño para su operación:

1. Mínimo dos cámaras: una primaria de cargue, combustión e ignición de los residuos con temperaturas mínimas, de acuerdo con la capacidad y clasificación realizada en la Tabla N° 1, en cada una de sus cámaras. Los residuos deben alimentar las cámaras únicamente cuando se hayan alcanzado y mantenido estas temperaturas. Si durante la operación, la temperatura disminuye, debe ser suspendida la alimentación hasta alcanzar nuevamente las temperaturas indicadas.

2. El Tiempo de residencia de los gases en la cámara de poscombustión, será mínimo de dos (2) segundos.

3. Cada una de las cámaras debe operar con su propio e independiente quemador y control automático de temperatura.

4. El incinerador deberá registrar automáticamente la temperatura de operación en ambas cámaras. El indicador de temperatura o termocupla, teniendo en cuenta que las temperaturas requeridas deben ser garantizadas en la totalidad de cada una de las cámaras, deberán estar ubicadas en el sitio más alejado del quemador dentro de las mismas.

5. El suministro del aire para la combustión de los residuos debe ser graduable e independiente de la entrada del aire para la combustión del combustible.

6. El incinerador debe poseer dos (2) compuertas y cargue mecánico a través de ducto y sistema de empuje del residuo, de tal forma que no exista contacto entre el operario y la cámara de combustión, ni se presente salida de humos o llama de esta cámara. Igualmente, debe poseer una o varias puertas diferentes de las de cargue para la extracción mecánica de las cenizas.

7. Los residuos deben alimentar la cámara de combustión únicamente cuando se hayan alcanzado y se mantengan las temperaturas requeridas. Si durante la operación la temperatura disminuye, la alimentación debe ser suspendida hasta alcanzar nuevamente las temperaturas indicadas. Para verificar en forma permanente esta condición, deberá dotarse de un sistema de control y registro automático de temperatura. El incinerador debe poseer un control automático que impida la alimentación o cargue de los residuos a la cámara de combustión, en caso que las temperaturas desciendan por debajo de las requeridas.

8. El incinerador debe estar equipado con quemadores suplementarios de emergencia a fin de mantener la temperatura necesaria para operar. Estos quemadores pueden usar como combustible gas natural, gas propano, Fuel Oil, carbón o cualquier otro aceptado por la normatividad ambiental, con bajo contenido de azufre de acuerdo con la Resolución 898 de 1995 y sus modificaciones.

9. El incinerador o planta de incineración, cuando así lo requiera para el cumplimiento de los estándares establecidos en la presente resolución, debe tener por lo menos un sistema de control para Material Particulado del tipo seco y/o húmedo.

10. El incinerador o planta de incineración, cuando así lo requiera para el cumplimiento de los estándares establecidos en la presente Resolución, debe contar con un sistema de control para los gases de chimenea (SOx, NOx, CO, HCl, HF, entre otros).

11. El incinerador o planta de incineración, cuando así lo requiera para el cumplimiento de los estándares establecidos en la presente resolución, deberá contar con un sistema de enfriamiento para evitar la formación de dioxinas y furanos, sistema que debe garantizar una disminución de la temperatura de los gases de salida de la cámara de postcombustión a valores menores a 250°C, registrando dicha temperatura en forma automática.

12. Toda planta de incineración donde se procesen residuos hospitalarios deberá poseer una cámara de enfriamiento o refrigeración de uso exclusivo para su almacenamiento mientras son incinerados. Dicha cámara deberá mantener temperaturas menores a 4°C. Se debe contar con un programa de manejo basado en un control microbiológico periódico de este lugar (paredes, aire e implementos usados en el manejo de los residuos) y adoptar las medidas sanitarias a que haya lugar para proteger la salud de los operarios y de la comunidad en general. Todas sus especificaciones y características anotadas deben estar desarrolladas específicamente en el manual de Operación y Mantenimiento."

### **5.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE INCINERACIÓN**

La incineración es un proceso de combustión que transforma la materia orgánica de los residuos en materiales inertes (cenizas) y gases. Este sistema garantiza la eliminación de los agentes patógenos y consigue una reducción significativa en peso y volumen de los residuos (reducción 90% del volumen inicial y 70% del peso inicial)<sup>10</sup>. Debido a la presencia de cenizas y gases se considera la incineración como un tratamiento y no un método de disposición final, por lo que se hace necesaria una celda de seguridad para la disposición final de las cenizas, un sistema de control de efluentes líquidos y dispositivos de control para los gases.

Los incineradores deben contar con mínimo dos cámaras de combustión conectadas en serie; una primaria con temperatura mínima de 850 °C, y una secundaria de pos – combustión donde son quemados los gases de combustión con una temperatura mínima de 1200 °C<sup>11</sup>. La cámara primaria también es llamada cámara de combustión de desechos o cámara de ignición; es en esta cámara donde se inicia el proceso y se lleva a cabo el secado, encendido y combustión de los desechos, los cuales se combustionan en deficiencia de oxígeno, lo que crea un efecto de “quemado tranquilo” que ayuda a eliminar la penetración de partículas en los gases, lo que produce un escape con chimenea limpia. Además las temperaturas de la cámara primaria no son lo suficientemente altas para alcanzar la fusión de la mayoría de los metales, vidrios y demás compuestos no combustibles, estos elementos finalmente se descargan con la ceniza.

---

<sup>10</sup> NARVAEZ TRONCOSO, Ian. Proyecto de accesoria técnica en incineradores de desechos hospitalarios. Quito (Ecuador). Red Panamericana de Manejo de Residuos (REPAMAR), 2006. (citada mayo de 2009). Disponible en Internet: <http://www.cepis.org.pe/cursoreas/e/fulltext/incinera.html>

<sup>11</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERERRITORIAL, Resolución 0886 de Julio 27 de 2004. Bogota: imprenta Nacional, artículo 3

La cámara primaria debe operar con bajas velocidades de gas y a controladas condiciones de temperatura. La cantidad de calor liberado en la combustión de los desechos sólidos se controla mediante la reducción del aire, pero debe garantizarse que las reacciones de combustión mantengan la auto-termicidad, es decir, que no se apague la llama.<sup>12</sup> El control del aire y la temperatura en la cámara primaria es fundamental para prevenir y reducir el potencial contaminante de los humos. Un buen diseño y calibración deben prevenir la generación de cenizas, metales pesados volátiles y óxidos de nitrógeno. Además, deben garantizar el tiempo de residencia recomendado para los gases en la cámara secundaria.

La mezcla turbulenta, resultado de las restringidas áreas de flujo y cambios abruptos en la dirección del flujo, favorece la reacción en la fase gaseosa. Las cenizas y material particulado son colectados en la cámara de la combustión por choque con las paredes y asentamiento. Los gases provenientes de la combustión pasan a la segunda cámara o fase de quemado, en esta cámara se suministra el aire adicional, el cual asegura la total combustión de los in quemados. Finalmente los gases calientes son expulsados a través de la chimenea, que según normas del Ministerio del Medio Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (decreto 0886) debe tener una altura de 15 metros sobre nivel del piso.<sup>13</sup>

Se recomienda antes de proceder a iniciar el proceso, realizar ensayos preliminares durante el montaje y calibración del equipo por parte de personal técnico, con el fin de determinar las temperaturas de la cámara de combustión y de post combustión. Los controles de temperatura y tiempo instalados en el incinerador permiten que el equipo realice automáticamente las secuencias de purga, encendido y apagado de los quemadores, permitiendo al operario la ejecución de otras tareas diferentes a incinerar durante el proceso que dura aproximadamente una hora; una vez el equipo se apague automáticamente, el operario puede cargarlo nuevamente o si lo considera conveniente hacer extracción de cenizas, así podrá empezar un nuevo ciclo de incineración.

---

<sup>12</sup> MONTENEGRO, Raúl A. Informe sobre el impacto ambiental y sanitario de los hornos incineradores. Córdoba (Argentina). Fundación para la Defensa del Ambiente (FUNAM). Diciembre de 2002. (citada en mayo de 2009). Disponible en Internet: [http://www.noalaincineracion.org/uploadfiles/prohibir/inci\\_informe\\_2003.doc](http://www.noalaincineracion.org/uploadfiles/prohibir/inci_informe_2003.doc)

<sup>13</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, decreto 40 del 11 enero del 82, Bogota: imprenta Nacional

## 6. SELECCIÓN TÉCNICA DEL INCINERADOR

### 6.1 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DEL INCINERADOR

A continuación se nombran algunos parámetros que se consideran importantes en el proceso de selección técnica del incinerador

#### 6.1.1 Normatividad Colombiana.

La legislación de nuestro país tiene en cuenta el tratamiento de residuos especiales mediante el proceso de incineración es así como por medio de los ministerios de Medio Ambiente y de Salud ha reglamentado las emisiones atmosféricas y algunas características técnicas que debe tener los hornos incineradores para este tipo de residuos.

- Resolución 0058 de 21 de enero de 2002 y resolución 0886 de 27 de julio de 2004 del Ministerio del Medio Ambiente, vivienda y desarrollo territorial: “por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos”. La resolución 0058 en el Artículo 13, expone las características técnicas generales de las plantas de incineración. Y la resolución 0886 con su Artículo 8, modifica el Artículo 13 de la resolución 0058.
- Resolución 0886
- Resolución 909
- Decreto 948 de Junio 5 de 1995, reglamentario de la ley 99 de 1993, señala en el artículo 27, lo siguiente: “Los incineradores de residuos patológicos e industriales, deberán contar obligatoriamente con los sistemas de quemado y post-quemado de gases, o con los sistemas de control de emisiones que exijan las normas que al efecto expida el Ministerio del Medio Ambiente, sin perjuicio de las normas que expidan las autoridades de Salud dentro de la órbita de su competencia.
- Decreto 220 de 2005
- Regulación internacional preparada por EPA (Agencia de Protección Ambiental de USA.): Para una rata de incineración de cien (100) libras por horas o menos: 0,300 gramos por pie cúbico de gas calculado a 12 % de dióxido de carbono a condiciones estándar. Para una rata de incineración mayor a cien (100) libras por hora: 0,100 gramos por pie cúbico de gas calculado al 12 % de dióxido de carbono a condiciones estándar.

#### 6.1.2 Oferta en el país.

En el país se encuentran referenciados como fabricantes y comercializadores de incineradores para residuos especiales las siguientes empresas:

- M&A INTERNATIONAL GROUP, representante de INCOL (fabrica de incineradores Argentina).
- IMAD Ltda.  
Dirección: calle 35 # 8 A - 67  
Colombia, Valle del Cauca, Cali  
Teléfonos: (57) (2) 6814086, (57) (2) 4485958

Fax: (57) (2) 4380044

- **TKF ENEGINEERING & TRADING S.A**  
Fabrica y comercializa hornos industriales, ofrece mantenimiento, reparación y venta de repuestos.  
Dirección: carrera 37 # 11 - 104  
Colombia, Valle del Cauca, Yumbo  
Teléfonos: (57) (2) 6644533  
Fax: (57) (2) 6644531
- **PROINDUL Ltda.**  
Empresa Colombiana, especializada en la investigación y fabricación de equipos para el manejo eficaz de residuos sólidos y líquidos peligrosos o no, a través de incineradores y crematorios de cadáveres.  
Dirección: transversal 93 # 65 A 43  
Colombia, Cundinamarca, Bogotá D.C.  
Zona industrial Álamos
- **PREMAC S.A.**  
Dirección: Autopista sur 24-52  
Colombia, Antioquia, Itagüí  
Teléfonos: 57 (4) 3721844

### 6.1.3 Características locales.

Las principales características a tener en cuenta para el sitio de implementación de la planta incineradora son:

- Ubicación de la planta incineradora: 1770 m.s.n.m.
- Cantidad de residuos a incinerar: 1.3 ton/día.

### 6.1.4 Proyecciones futuras.

Estas proyecciones se realizaron con base en los registros diarios de los residuos hospitalarios y similares recolectados y transportados por la ruta especial de aseo durante los años de funcionamiento de la misma, registrados en el relleno sanitario "El Ojito" y suministrados por el Ingeniero Ronal Cerón, director del relleno. El comportamiento anual de estos residuos se muestra en la figura 5. Teniendo en cuenta que la tecnología está en constante desarrollo se considera un periodo de vida útil del incinerador de 15 años.

Figura 5. Comportamiento de los residuos hospitalarios y similares, ruta especial de aseo



Fuente: El presente estudio 2009

Con la tendencia de los datos a un comportamiento lineal, se realizó la estimación de generación de residuos para un periodo de 15 años con el fin de calcular la capacidad del incinerador para el periodo de vida útil estimado. Del gráfico se puede determinar que la cantidad de residuos a incinerar dentro de 15 años es de 1.3 Ton/día aproximadamente.

## 6.2 RESULTADOS

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores y considerando que de las empresas mencionadas la única que envió la documentación técnica correspondiente fue PREMAC S.A. y que además cumple con el decreto 0886 de 2004; se escogió un horno incinerador modelo PREMAC IP 100, del cual se hace la descripción a continuación, la información que se presenta de aquí en adelante fue suministrada directamente por la empresa comercializadora del horno incinerador.

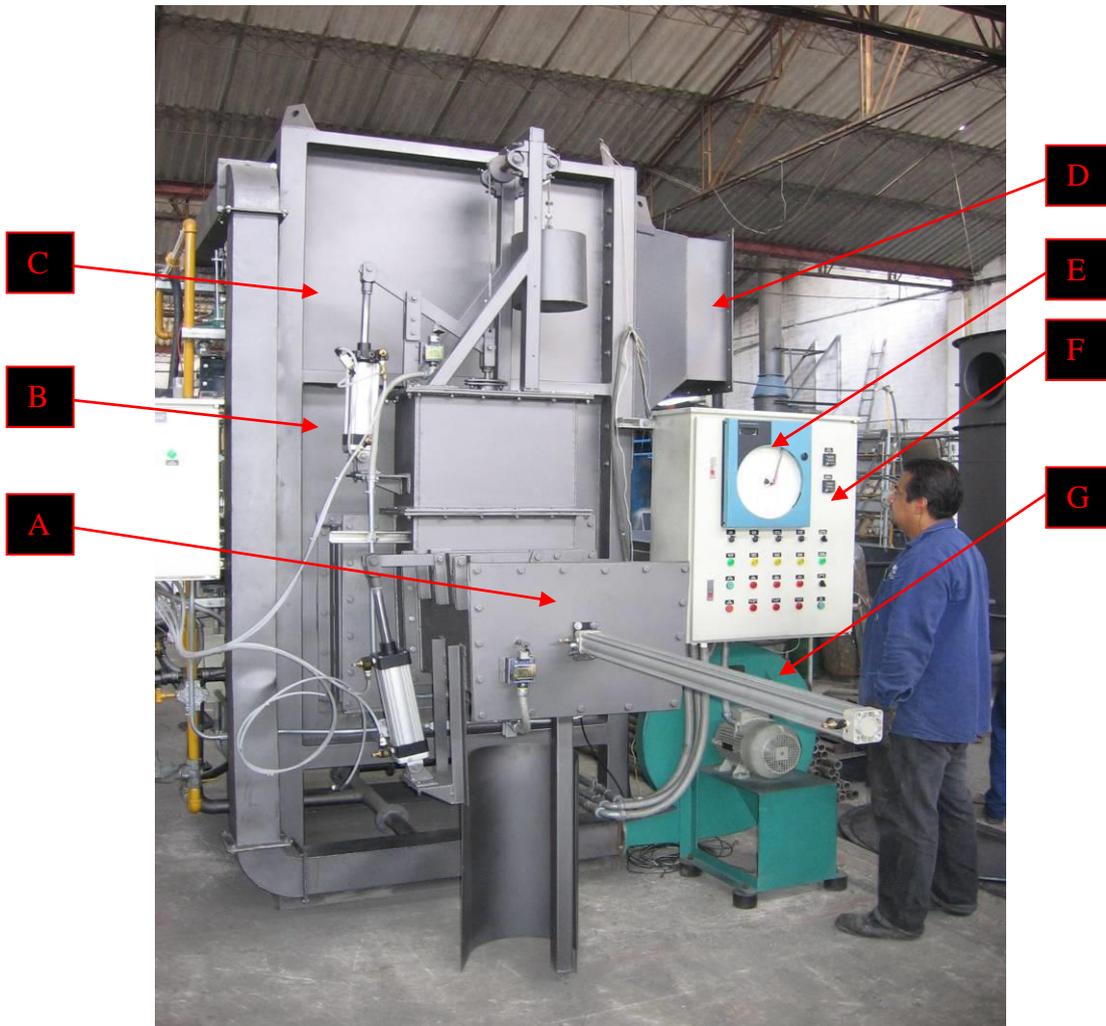
### 6.2.1 Especificaciones técnicas del incinerador modelo Premac IP 100.

➤ **Generalidades del incinerador.** A continuación se describen algunas características generales del incinerador marca PREMAC IP 100.

- Capacidad de incineración: 100 libras / hora
- Período de incineración: Continuo 24 horas
- Tiempo de residencia de gases: 2 segundos, en cámara de post combustión
- Tipo: Multicámaras (combustión y post combustión)
- Temperaturas:
  - Cámara de combustión: 800°C
  - Cámara de post combustión 1100°C

- **Descripción del equipo, Incinerador PREMAC IP 100.** En la figura 6 se muestra las partes de un incinerador modelo PREMAC IP 100.

Figura 6. Horno incinerador Premac IP 100



Fuente: Premac S.A

**A. Sistema de cargue de desechos.** En esta cámara se instala un sistema de cargue mecánico que permite alimentar el desecho en varios baches y está compuesto por un recipiente en donde el operador del horno deposita el desecho ( previa apertura manual de la tapa superior, también se cotiza opcional, la apertura de esta puerta de forma mecánica mediante cilindros neumáticos), luego abre manualmente la puerta vertical, se acciona manualmente el sistema de cargue de desecho ( se cotiza opcional el accionamiento con suiche de cargue y se realiza la siguiente operación de forma automática: - Apertura de compuerta tipo “guillotina”, - empuje de la carga hacia el interior de la cámara (mediante un cilindro neumático), retiro del cilindro para posicionarse nuevamente en el inicio del recorrido, cierre de compuerta tipo guillotina y finalmente quedar en condiciones de realizar el nuevo cargue ). Las ventajas de este sistema son muy significativas y se describen a continuación: 1. Confort y seguridad en la operación. 2. Mayor estabilidad térmica del horno. 3. Mayor durabilidad de los refractarios. 4. Mejor funcionamiento del horno en cuanto a destrucción térmica de contaminantes, no solo por mejor equilibrio de temperaturas de cámaras sino que también permite la dosificación del desecho. Este sistema de cargue mecánico es exigido por la resolución 0886 del Ministerio del Medio Ambiente vivienda y desarrollo territorial de la república de Colombia.

**B. Cámara de combustión.** Es donde se carga el desecho a incinerar, los parámetros de operación y elementos instalados se describen a continuación:

- Temperatura: 800°C.
- Sistema de cargue: alimenta la basura de forma mecánica y controlada.
- Sistema de bloqueo: Dispositivo que bloquea la apertura de la puerta de cargue de desechos cuando la temperatura de esta cámara es inferior a 800°C
- Tipo de combustión: Pirolítica (con defecto de aire)
- Suministro de aire para combustión del desecho: Inferior por debajo de “rejilla” refractaria, con válvula tipo mariposa para graduar el suministro del aire.
- Quemador: Para el precalentamiento del horno e ignición del desecho, apropiado para estas exigentes aplicaciones, quemador a gas, marca Eclipse, tipo alta velocidad, con sistema de monitoreo continuo de combustión, controles y tren de válvulas acorde a Normas Americanas para manejo seguro de gas.
- Construcción: Cámara interior en refractario cuidadosamente seleccionado para procesos de incineración en donde no solo influye la alta temperatura sino que también se considera los gases emitidos por el desecho al combustionar, seguidamente va instalado una capa de material aislante con un doble propósito, primero minimizar las pérdidas de energía al exterior del horno para ahorrar combustible y segundo ofrecer una operación confortable, temperaturas exteriores del horno menores a 100°C

Sensor de temperatura: En esta cámara, se tiene instalada una TERMOCUPLA (indicador de temperatura), la cuál envía señales para operación del control de temperatura y para el sistema de registro de temperatura.

**C. Cámara de post combustión.** Cámara de oxidación: Es el espacio físico en donde se “inyecta” el aire necesario para completar la combustión de los gases provenientes de la cámara de combustión, además su forma y distribución de aire, crea la turbulencia requerida en los sistemas para una eficiente combustión.

- Temperatura: 1100°C.
- Quemador: Suministra la energía necesaria para incrementar la temperatura de gases hasta 1100°C. quemador a gas, marca Eclipse, tipo alta velocidad, con sistema de monitoreo continuo de combustión, controles y tren de válvulas acorde a Normas Americanas para manejo seguro de gas
- Quemador de stand-by: De características similares al anterior, “enciende” solo cuando la temperatura de esta cámara desciende por alguna razón, es una exigencia de la resolución 0886
- Construcción: Cámara interior en refractario cuidadosamente seleccionado para procesos de incineración en donde no solo influye la alta temperatura sino que también se considera los gases emitidos por el desecho al combustionar, seguidamente va instalado una capa de material aislante con un doble propósito, primero minimizar las pérdidas de energía al exterior del horno para ahorrar combustible y segundo ofrecer una operación confortable (temperaturas exteriores del horno menores a 100°C.).
- Sensor de temperatura: De características y función similar a lo descrito en la cámara de combustión.

**D. Enfriamiento de gases.** Los gases calientes que salen de la cámara de post combustión son enfriados rápidamente mediante inyección de agua.

**E. Sistema de registro de temperaturas.** Las señales de temperatura de cámaras de combustión y post combustión son enviadas a un sistema de registro y graficación, para ello el cliente suministra el computador.

**F. Tablero de control.** En su interior están montadas las protecciones, controladores de temperaturas, indicadores de operación y elementos de señalización de la operación.

**G. Ventilador de tiro inducido.** Es el encargado de “halar” los gases del interior del horno y hacer que el sistema quede a succión para que no se presenten fugas por puertas, empaques, etc.

**H. Chimenea.** Fabricada en acero inoxidable, con descarga a 15 metros sobre el nivel del piso.

➤ **Emisiones**

Para dar cumplimiento con las exigencias ambientales, la empresa maneja los tres conceptos básicos de la combustión, además de los sistemas de filtros secos y enfriamiento de gases:

- Temperatura: combustión 800°C y post combustión 1100 °C.
- Turbulencia: se genera turbulencia de gases en cámara de oxidación para que la mezcla sea mejor.
- Tiempo de residencia: El tiempo que permanecen los gases (en post combustión) expuestos a 1100 °C es de 2 segundos.

Filtros secos: Sistema de batería de filtros con el propósito de retener material particulado, gases ácidos, metales pesados.

Tabla 2. Emisiones atmosféricas, horno incinerador Premac IP 100

<b>Contaminante</b>	<b>Promedio hora (mg/m<sup>3</sup>)</b>
Partículas suspendidas totales	< 100
Mercurio y sus compuestos ( Hg )	< 0.1
Metales pesados (cadmio, talio, plomo, cromo, cobalto, níquel, etc.)	< 0.55
Hidrocarburos totales	
- CH <sub>4</sub> (Metano)	< 20
- HF ( Fluoruro de hidrógeno)	< 4
- HCL ( Ácido clorhídrico )	< 60
- Dioxinas y furanos	< 2
SO <sub>2</sub> ( Dióxido de azufre )	< 200
NO <sub>2</sub> ( dióxido de nitrógeno )	< 400
CO ( Monóxido de carbono )	< 100

Fuente: Premac S.A.

➤ **Propuesta económica.**

Tabla 3. Propuesta económica, horno incinerador Premac IP 100

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>
1	Cámara de combustión
1	Cámara de post combustión
3	Quemadores de alta velocidad marca Eclipse combustión (uno para stand-by)
1	Sistema de control de temperatura independiente para cada cámara
1	Chimenea en acero inoxidable
1	Sistema de enfriamiento de gases
1	Sistema de filtración de gases
1	Ventilador de tiro inducido con motor arrancador
1	Sistema de alimentación mecánico, operación manual para el desecho y para la extracción de cenizas.
1	Registrador de temperaturas para las dos cámaras
1	Tablero de control
1	Instalación, arranque, calibración y pruebas
Total	\$219.500.000 + IVA vigente

Fuente: Premac S.A.

Nota: Por cuenta del cliente, acometidas eléctricas, de combustible y agua, obras civiles y suministro de andamios para instalación de chimenea. Además transporte del equipo al sitio de instalación, viáticos y pasajes de los técnicos.

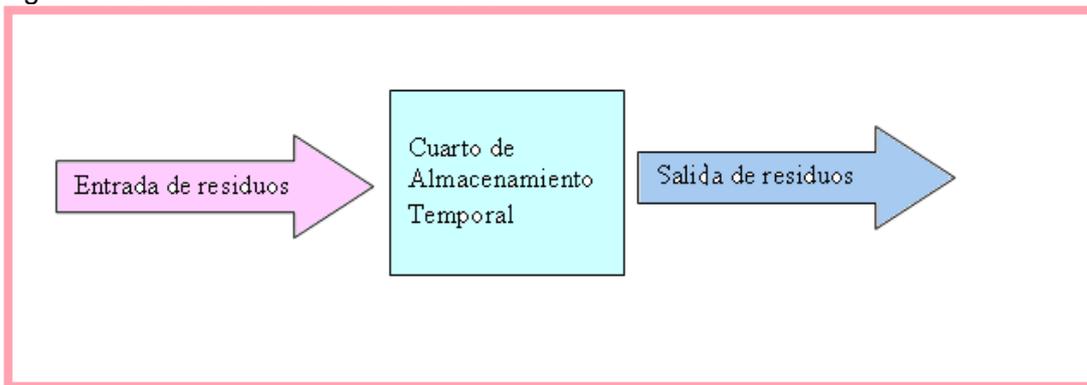
## 6.2.2 Diseño del emplazamiento

Además del horno incinerador, es necesaria la adquisición de otros equipos para garantizar el buen funcionamiento de la planta incineradora, como son un cuarto frío y un tanque de almacenamiento de combustible. También se debe construir una caseta de protección para el horno y el cuarto frío y una base en concreto como soporte para el tanque de almacenamiento. Las dimensiones de los equipos y de las obras civiles a construir se determinaron mediante los cálculos que se presentan a continuación y la distribución en planta de los mismos se muestra en el anexo B.

### ❖ Cuarto frío

Para determinar el volumen que debe tener el cuarto frío se realizó un balance de masa así:

Figura 7. Balance de masa cuarto frío



Fuente: El presente estudio 2009

$$S = A + E$$

Donde:

S = cantidad de residuos que salen del cuarto frío (en lb./día).

E = Cantidad de residuos que llegan al cuarto frío (en lb./día).

A = Acumulación de residuos en el cuarto (en lb./día).

Para el valor de S se tomó la capacidad de incineración del horno y para E se tomó el promedio diario de la cantidad de residuos hospitalarios que están llegando al relleno, debido a que esta cantidad es variable se le calculó la desviación estándar y se determinaron los siguientes valores para E.

Desviación estándar = 0.22 ton = 485 lb.

$E_{\text{promedio}} = 1697,6 \text{ lb./día}$

$E_{\text{minima}} = 1212,5 \text{ lb./día}$

$E_{\text{máxima}} = 2182,6 \text{ lb./día}$

Como a menor entrada de residuos mayor será la acumulación y por lo tanto mayor el volumen del cuarto se considera  $E_{\text{minima}}$  para el cálculo de este volumen.

$A = 2400 \text{ lb./día} - 1212,5 \text{ lb./día}$

$A = 1187,5 \text{ lb./día}$

Y considerando la densidad aparente de los residuos hospitalarios como 0,20 ton/m<sup>3</sup>, se tiene el volumen del cuarto para un día de almacenamiento, aplicando la siguiente fórmula:

$$V = M/D$$

Donde:

V: volumen del cuarto frío

M: masa de los residuos hospitalarios

D: densidad de los residuos hospitalarios

$$V = 2,7 \text{ m}^3$$

Pero teniendo en cuenta posibles fallas en el equipo incinerador se considera el volumen para cinco 5 días de almacenamiento.

$$V = 13,5 \text{ m}^3$$

Con el volumen calculado se cotizo con la empresa Mercamáquinas, quien recomendó un cuarto frío con las siguientes dimensiones 4 m x 4 m x 1.8 m de alto (ver Anexo D).

❖ **Dimensiones tanque de almacenamiento de combustible.**

$$D = ask(Te - Ti) / q$$

Donde:

D = capacidad de vaporización (Kg./h)

a = porcentaje de la superficie del deposito que esta en contacto con el liquido (para el 30% = 0,397)

s = superficie necesaria para evaporar correctamente (en m<sup>2</sup>)

k = coeficiente de transmisión térmica de la chapa del deposito (para el acero k = 12 Kcal./h.m<sup>2</sup>. °C).

Te = temperatura minima del ambiente.

Ti = temperatura de equilibrio liquido gas

q = calor latente de vaporización del propano (94 Kcal./Kg.)

$$s = \frac{D * q}{a * k * (Te - Ti)}$$

$$s = \frac{64 * 94}{0,397 * 12 * (10 - (-42))}$$

$$s = 24,28 \text{ m}^2$$

Calculada el área se compara este valor en una tabla de características de GLP, y se obtiene que para un área de 24,3 m<sup>2</sup> el tanque posea una capacidad total de 6.650 lts y una cantidad de propano de 2,793 Kg. En la siguiente tabla se muestran las dimensiones del tanque.

Tabla 4. Dimensiones del tanque de almacenamiento de GLP

Largo (m)	Diámetro (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )	Peso aprox. Vacío (Kg.)	Capacidad (lts)
6,26	1,2	24,3	1.380	6.650

Fuente: Caucana de Gas

❖ **Dimensiones de la caseta para la ubicación del horno.**

Se propone la construcción de una caseta que sirva para albergar el cuarto frío y el horno incinerador a la vez. Según información suministrada por PREMAC S.A. el horno tiene un área de 10 m x 5 m, y Mercamaquinas ofrece un cuarto frío de 4 m x 4m de área. Por lo que para la construcción de la caseta se considera un área de 22 m x 9 m con el fin de permitir una distancia prudencial entre los equipos y al operario un espacio libre para su movilidad.

### 6.2.3 Evaluación económica

Los costos considerados en el desarrollo del proyecto contienen los costos de inversión y el costo anual de operación, estos costos permitieron calcular el precio de kilogramo a incinerar o tarifa de incineración.

✓ **Costos de inversión.**

Los costos de inversión incluyen los costos de las obras civiles previas a la instalación de los equipos y el costo de cada equipo, lo anterior se relaciona en las siguientes tablas.

Tabla 5. Presupuesto caseta de protección para el horno incinerador y cuarto frío.

<b>CASETA PARA HORNO INCINERADOR Y CUARTO FRÍO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>15.450.463,80</b>
1.1	Excavación a maquina sin retiro	m <sup>3</sup>	1073.2	2.523	2.707.683,60
1.2	Relleno material sitio compactado	m <sup>3</sup>	349.7	9.166	3.205.350,20
1.3	Retiro de sobrantes maquina	m <sup>3</sup>	707	13.490	9.537.430,00
<b>2</b>	<b>ESTRUCTURAS EN CONCRETO</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>17.596.194,00</b>
2.1	Excavación material común manual	m <sup>3</sup>	13	8.289,00	107.757,00
2.2	Solado de nivelación y limpieza	m <sup>2</sup>	19	19377,00	368.163,00
2.3	Concreto ciclópeo	m <sup>3</sup>	4.6	162742,00	748.613,20
2.4	Viga de cimentación 3000 psi	m <sup>3</sup>	3.9	410594,00	1.601.316,60
2.5	Columna en concreto 3000 psi	m <sup>3</sup>	3.1	580024,00	1.798.074,40
2.6	Viga de aéreas 3000 psi	m <sup>3</sup>	5.6	519359,00	2.908.410,40
2.7	Relleno material común	m <sup>3</sup>	29.7	8506,00	252628,20
2.8	Contrapiso en concreto 3000 psi reforzado	m <sup>2</sup>	198	47924,00	9.488.952,00
2.9	Zapatas en concreto	m <sup>3</sup>	1.2	268566,00	322.279,20
<b>3</b>	<b>CUBIERTA</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>9.932.189,00</b>
3.1	Estructura metálica para cubierta	mL	276	17679,00	4.879.404,00
3.2	Cubierta en teja cindutec	m <sup>2</sup>	198	25520,00	5.052.960,00
<b>4</b>	<b>ACERO REFUERZO</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>5.176.704,00</b>
4.1	Acero refuerzo 420 Mpa	Kg	1659.2	3120,00	5.176.704,00
<b>TOTAL CASETA</b>					<b>\$48. 155.550,80</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 6. Presupuesto de la base en concreto para el tanque de almacenamiento de GLP

<b>BASE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA GLP</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>CIMENTACIÓN</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>906.234,00</b>
1.1	Losa de cimentación 20CM	m <sup>2</sup>	14	64.731,00	906.234,00
<b>2</b>	<b>ACERO DE REFUERZO</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>409.200,00</b>
2.1	Acero de refuerzo 420 Mpa	Kg.	35	3.120,00	109.200,00
2.2	Anclaje tanque	GLB	1	300.000,00	300.000,00
<b>TOTAL BASE PARA TANQUE</b>					<b>\$1.315.434,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 7. Presupuesto vía de acceso a la planta de incineración.

<b>VÍA DE ACCESO</b>					
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
<b>1</b>	<b>EXCAVACIÓN</b>	<b>SUBTOTAL ITEM</b>			<b>12.673.542,00</b>
1.1	Cajeo	m <sup>3</sup>	98	3.308,00	324.184,00
1.2	Compactación de subrasante 95% CBR	m <sup>2</sup>	280	1.751,00	490.280,00
1.3	Subbase granular compactada	m <sup>3</sup>	28	62.615,00	1.753.220,00
1.4	Base Granular compactada	m <sup>3</sup>	56	71.491,00	4.003.496,00
1.5	Riego de imprimación	m <sup>2</sup>	840	1.413,00	1.186.920,00
1.6	Carpeta asfáltica	m <sup>3</sup>	14	351.103,00	4.915.442,00
<b>TOTAL VÍA DE ACCESO</b>					<b>\$12.673.542,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 8. Costo total obras Civiles

<b>COSTO TOTAL OBRAS CIVILES</b>	
TOTAL COSTO DIRECTO	62.144.526,80
ADMINISTRACIÓN 17%	10.564.569,00
IMPREVISTOS 8%	4.971.562,14
UTILIDAD 5%	3.107.226,34
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>80.787.884,28</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 9. Costo de equipos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
1	Horno incinerador Premac IP 100	219.500.000,00
1	Cuarto frío	23.000.000,00
1	Tanque de almacenamiento de GLP	00,00
<b>TOTAL EQUIPOS</b>		<b>\$242.500.000,00</b>

Fuente: Este estudio 2009

Nota: la empresa Caucana de Gas, con sede en la Ciudad de Popayán, expone que los tanques para almacenamiento de combustible, se entregan al usuario en calidad de comodato en el momento en que se firma un contrato por suministro de gas con dicha empresa.

Tabla 10. Costo transporte e instalación del horno incinerador.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Trasporte del equipo	Unidad	1	5.000.000,00	5.000.000,00
Pasaje técnicos	Unidad	4	60.000,00	240.000,00
Hospedaje técnicos	Día	8	100.000,00	800.000,00
Alimentación técnicos	Día	8	30.000,00	240.000,00
<b>Costo total transporte e instalación del incinerador</b>				<b>6.280.000,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 11. Costo total de inversión

Descripción	Costo
Obras Civiles	80.802.000,00
Equipos	242.500.000,00
Transporte e instalación del horno incinerador	6.280.000,00
<b>Costo total de inversión</b>	<b>329.582.000,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

✓ **Costo anual de funcionamiento.** Para el cálculo de los costos de operación, se tuvo en cuenta principalmente el consumo de gas, agua y energía; así como el pago de empleados y el costo de mantenimiento.

Tabla 12. Costo servicios e insumos

Descripción	Unidad	Consumo	Valor Unitario	Valor total
Agua	m <sup>3</sup>	350	658,00	230.300,00
Energía	Kw.	34.308	394,00	13.510.490,00
Gas (GLP)	Galón	10.077	2.636,00	26.562.972,00
Cal	Kg.	365	600,00	219.000,00
<b>Consumo total servicios e insumos</b>				<b>40.522.600,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 13. Costo pago de personal.

Personal	Vinculación	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Operario	Contrato laboral	3	8.172.000,00	24.516.000,00
Coordinador operativo	Prestación de servicios	1	19.200.000,00	19.200.000,00
Ingeniero de Planta	Prestación de servicios	1	19.200.000,00	19.200.000,00
<b>Total pago de personal</b>				<b>\$62.916.000,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 14. Costos plan de manejo ambiental

Descripción	Costo
Tratamiento de cenizas	27.600.000,00
Tratamiento de agua	26.338.000,00
Tratamiento de aire	41.000.000,00
<b>Total costo de PMA</b>	<b>94.938.000,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 15. Costo de operación anual

Descripción	Costo
Costo de servicios e insumos	40.523.000,00
Costo Pago de Personal	62.916.000,00
Costo Plan de Manejo ambiental	94.938.000,00
Costo de Mantenimiento	19.837.700,00
<b>Costo anual de operación</b>	<b>218.170.700,00</b>

Fuente: El presente estudio 2009

✓ **Costo de kilogramo incinerado (tarifa de incineración).** Para calcular el precio del kilogramo incinerado se tuvo en cuenta el costo mensual de operación y la cuota mensual a pagar por el costo de inversión (financiado). Lo anterior se calculo para cinco (5) años, siete (7) años y diez (10) años.

- Para cinco (5) años de financiación.

$$Vf = Vp * (1 + i)^n$$

Donde:

Vf = Valor futuro

Vp = Valor presente

i = Tasa de interés

n = Número de meses

$$Vf = 330'000.000 * (1 + 0.022)^{60} = 1217'776.777$$

$$Cm = 1217'776.777 / 60 = 20'296.280$$

$$Co = 218'170.700 / 12 = 18'180.892$$

Cm = Costo cuota mensual de financiación

Co = Costo de operación mensual

Gm = Gastos mensuales (\$/mes)

Im = Incineración mensual (Kg/mes)

Pi = precio de kilogramo incinerado (\$/kg)

$$Gm = Cm + Co = 38'477.172$$

$$Pi = Gm / Im = 38'477.172 / 28.800 = 1336 \approx 1400 \$ / kg$$

El precio del kilogramo incinerado es de \$1.400 si se desea cubrir la financiación en cinco (5) años de funcionamiento.

- **Para siete (7) años de financiación.**  
Se realizó las mismas operaciones propuestas para 5 años y se obtuvo un valor de 1600 \$/kg.
- Para diez (10) años de financiación.  
Las operaciones realizadas indican un precio de \$2000 por kilogramo incinerado.

## **SEGUNDA PARTE**

### **ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

#### **7. GENERALIDADES**

##### **7.1 INTRODUCCION**

El Manejo de los Residuos Hospitalarios y similares en nuestro país es uno de los aspectos de la gestión hospitalaria, que solo a partir de los últimos años ha despertado el interés de las instituciones públicas y privadas, impulsado por el desarrollo de la seguridad y salud en el trabajo hospitalario, la protección al medioambiente y la calidad en los servicios de salud.

Actualmente se considera la incineración de los residuos hospitalarios y similares como un método reconocido y aceptado para solucionar los problemas relacionados con el tratamiento de este tipo de residuos y, se ha implementado ampliamente. A pesar de que el objetivo principal de la incineración de los residuos peligrosos hospitalarios es la eliminación de su potencial infeccioso, se han presentado problemas en cuanto a la composición de las emisiones gaseosas generadas por esta actividad, sin embargo se considera que si se tiene un equipo que cumpla con los requerimientos normativos y se opera de manera adecuada las emisiones estarán dentro de los límites permisibles y no representara ningún peligro para la sociedad y el ambiente.

##### **7.2 OBJETIVOS**

- Identificar y valorar los impactos ambientales ocasionados por la implementación de un incinerador de residuos hospitalarios en la ciudad de Popayán.
- Formular el plan de manejo ambiental para la implementación de un incinerador de residuos hospitalarios y peligrosos en el municipio de Popayán.

##### **7.3 METODOLOGÍA**

La metodología a seguir en la realización del estudio de impacto ambiental de un incinerador de residuos hospitalarios incluye las siguientes actividades:

1. Recolección de información acerca del proyecto y del medio afectado: para lo cual se realizo búsqueda de información primaria y secundaria por medio de consulta literaria, visitas a las entidades involucradas en el desarrollo del proyecto (CRC, Secretaria de infraestructura Municipal, secretaria de Salud, entre otros) y consulta a expertos.
2. Consulta de la normatividad vigente.
3. Descripción del proyecto: esta actividad permitió el conocimiento de las acciones del proyecto que pueden llegar a producir impactos en el ambiente.

4. Salidas a la zona de estudio: con el fin de verificar los datos obtenidos en la fase de recolección de información, definir el área de estudio y realizar la caracterización de la zona.
5. Los datos del monitoreo de calidad de aire para: Material Particulado (TSP), Óxidos de azufre (SO<sub>2</sub>), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y Monóxido de Carbono (CO), (Exigidos en los términos de referencia para la incineración de residuos hospitalarios); se tomaron con base en estudios previos realizados.
6. Almacenamiento de la información: documentar la información necesaria para caracterizar el medio donde se desarrollara el proyecto, con el propósito de que pueda ser consultada posteriormente.
7. Procesamiento de información: identificar los factores del medio afectados; sintetizar la información adquirida y procesada, representándola por medio de un árbol de factores.
8. Valoración de los elementos o factores relevantes: realización de la ponderación de los factores ambientales afectados.
9. Representación de las matrices de relación causa efecto.
10. Identificación y descripción de los posibles impactos generados
11. Identificación y descripción de las medidas de minimización de impactos.
12. Formulación del Plan de Manejo Ambiental.

## 8. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 8.1 LOCALIZACIÓN

El Municipio de Popayán es la Capital del Departamento del Cauca, ubicado al sur occidente de la República de Colombia, localizado en el Valle de Pubenza entre las cordilleras Occidental y Central al Sur Occidente del país; a una Latitud Norte 02° 26' 39" y 76° 37' 17" de longitud Oeste y altitud promedio de 1.737 metros sobre el nivel del mar. Posee una temperatura media de 18 a 19°C durante todo el año y una extensión territorial aproximada de 512 Km<sup>2</sup>.<sup>14</sup>

El relleno sanitario "El Ojito" esta ubicado al occidente de la ciudad, vía al municipio del Tambo a 3 Km. del limite urbano, a una altura mínima de 1770 metros sobre el nivel del mar, cuenta con un área disponible de 11,18 hectáreas donde se deposita a diario aproximadamente 160 toneladas de residuos.<sup>15</sup> Y viene funcionando desde 1986 como sitio de disposición final de residuos sólidos. En 1997 la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC) bajo Resolución 30 de 1997, reclasifica el botadero como enterramiento. En el año 2001 mediante resolución 0633 del 27 de agosto de 2001, la CRC Otorga "el plan de manejo" para el relleno sanitario, desde esta fecha el relleno como tal se encuentra en operación y se considera que su vida útil es de 12 años. Actualmente este Relleno se encuentra dividido en 3 bloques, cada uno de los cuales se va conformando por terrazas de cinco m, la ubicación del horno incinerador tendrá lugar fuera de los bloques es decir, el único sitio dentro del relleno libre de desechos, para lo cual se dispone un área aproximada de 831.25 m<sup>2</sup>, en la siguiente figura se muestra la ubicación del proyecto.

Figura 8. Localización del proyecto



Fuente: El presente estudio 2009

<sup>14</sup> MUNICIPIO DE POPAYAN. Alcaldía. Plan de ordenamiento territorial POT. 2006. p 38

<sup>15</sup> Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Ciudad de Popayán – PGIRS – 2006.

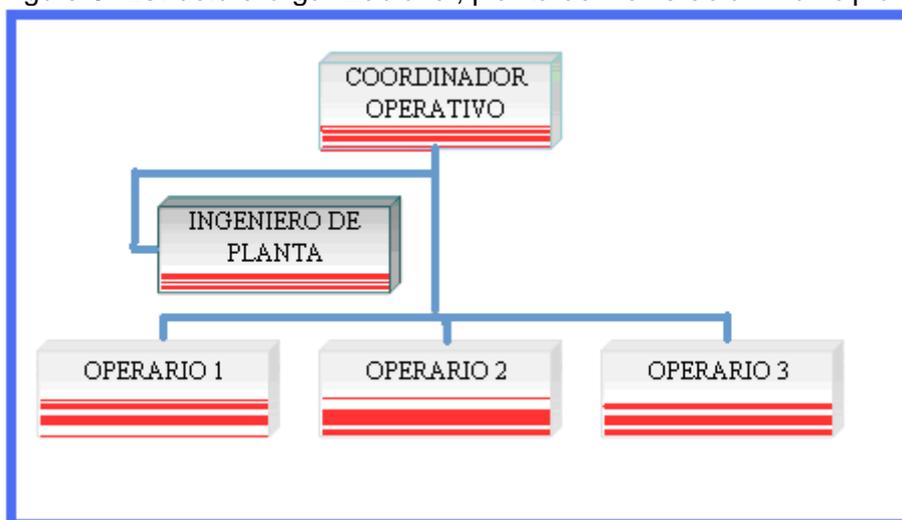
## 8.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El proyecto surge de la necesidad de dar solución al problema que se tiene con la disposición de desechos hospitalarios y consiste en la implementación de una planta incineradora de residuos hospitalarios en el Municipio de Popayán.

El horno incinerador como ya se mencionó anteriormente tendrá una capacidad de incineración de 100 lb./h. y para su emplazamiento se necesita la construcción de una caseta con techo en teja de asbesto cemento y piso de concreto para soportar el peso del horno. Adicional a estas obras de debe contar con un cuarto frío y un tanque de almacenamiento para combustible (que para el caso se ha considerado el gas licuado de petróleo GLP), también se debe realizar la construcción y adecuación de una vía de acceso para el vehículo recolector de residuos y el carro tanque que surtirá el deposito de GLP.

### 8.2.1 Estructura Organizacional

Figura 9. Estructura organizacional, planta de incineración Municipio de Popayán



Fuente: El Presente Estudio 2009

#### ➤ Funciones de los empleados

- Coordinador operativo: se encarga de realizar el diseño de estrategias de trabajo y la organización de los cronogramas a seguir.
- Ingeniero de planta: controla el proceso de incineración dentro de la planta.
- Operarios u horneros: tienen como función realizar el pesaje de los residuos que ingresan a la planta, realizar la incineración de los residuos controlando el proceso en el horno.

### 8.2.2 Acceso al Área del Proyecto

Como principal vía de acceso se tiene el corredor vial que comunica la ciudad de Popayán con el municipio del Tambo, es una carretera de una calzada con doble carril, la longitud de esta vía hasta el sitio de la ubicación del proyecto es de 3 Km., aproximadamente, los cuales se encuentran pavimentados y en buenas condiciones.

Adicional a esta vía se encuentra una vía carretable con un ancho de 7 m en la parte inicial y 3.5 m aproximadamente en la parte final. Esta vía inicia en la entrada principal del

relleno y llega hasta la antigua celda de seguridad de residuos hospitalarios pasando por el sitio donde se ubicara el horno incinerador.

Como nuevos accesos se propone una vía interna que permita el acceso hasta la planta incineradora y el tanque de almacenamiento de combustible, con un ancho de 6m, para permitir el ingreso del carro tanque transportador de GLP.

### 8.2.3 Instalaciones Industriales

Debido a la cercanía con la ciudad no se hace necesaria la construcción de campamentos para los obreros durante la etapa de construcción por lo que como instalación de apoyo simplemente se tendrá una caseta de almacenamiento para materiales.

### 8.3 ÁRBOL DE ACCIONES

En el transcurso de la instalación y puesta en marcha del horno incinerador se generan una serie de acciones que afecta de manera directa o indirecta el medio, en la siguiente tabla se relacionan las acciones más significativas dentro de las distintas fases del proyecto.

Tabla 16. Árbol de acciones para la implementación de un horno incinerador en el Municipio de Popayán.

Fase	Labor	Acción	Cod.
INSTALACIÓN	Adecuación del terreno	Desmantelamiento de la capa vegetal	A1
		Transito de maquinaria	A2
		Explanación del terreno	A3
	Obras civiles	Trazo	A4
		Excavación	A5
		Cimentación	A6
		Construcción de la caseta	A7
		Instalaciones eléctricas e hidráulicas	A8
	Instalación del horno incinerador	Transito de maquinaria	A9
		Instalación del cuarto frío y tanque de almacenamiento de GLP y horno incinerador	A10
		Ocupación del suelo por instalaciones	A11

<b>Fase</b>	<b>Labor</b>	<b>Acción</b>	<b>Cod.</b>
PROCESO DE INCINERACIÓN	Almacenamiento temporal de residuos	Descargue de residuos	A12
		Mantenimiento del cuarto frío	A13
		Manipulación de residuos	A14
	Proceso de Incineración	Generación de gases	A15
		Producción de aguas residuales	A16
		Remoción de cenizas	A17
	Tratamiento de elementos residuales	Disposición final de cenizas en la celda de seguridad	A18
		Dispositivos de control para los gases efluentes	A19
		Sistema de tratamiento para efluentes líquidos	A20
	ABANDONO	Desmantelamiento de las instalaciones	Generación de escombros
Recuperación cobertura vegetal			A22

Fuente: El presente estudio 2009

## **9. AREAS DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

Dentro del desarrollo del presente estudio se definió dos áreas de influencia, la primera como área de influencia indirecta AII y la segunda es el área de influencia directa (AID)

### **9.1 AREA DE INFLUENCIA INDIRECTA (AII)**

Desde el punto de vista político- administrativo el proyecto se encuentra ubicado en el Municipio de Popayán, dentro de esta se definió el área de influencia indirecta local que corresponde al barrio Lomas de Granada; desde el punto de vista físico-biótico se encuentra sobre una zona rural y según el POT la zona específica donde se ubicará el horno incinerador es una zona de tratamiento especial.

### **9.2. AREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)**

Zona en la cual se realizara la intervención y se producirán los impactos directos (negativos y positivos), durante la etapa de construcción y operación del proyecto, esta se definió como el área de 13.1ha, correspondiente al actual relleno sanitario “eco parque el ojito”. También comprende los predios vecinos al sitio de ubicación del horno incinerador, que son de propiedad privada, así como la vía de acceso al lugar. Además se incluye las áreas en las cuales se desarrollará cualquier actividad concerniente a la construcción como son: los sitios de disposición final de material sobrante y las fuentes de materiales.

## 10. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

La caracterización de zona de influencia del proyecto comprende una descripción del medio biótico y abiótico considerando elementos como: la geología, la geomorfología, la hidrología, los suelos y el clima, variables que determinan las condiciones ambientales de la región, de la misma forma se incluye la flora y la fauna, tanto para la zona de influencia directa (AID) como para la zona de influencia indirecta (AII).

### 10.1 MEDIO ABIÓTICO (AII)

#### 10.1.1 Geología (AII)

Según Torres (1997), la formación Popayán es de relleno que reposa discordantemente sobre rocas del Paleozoico al terciario y cuyas fuentes se localizan en el sector entre el páramo de Gabriel López y el altiplano de Paletará – cadena volcánica de los coconucos.

La edad de la formación Popayán se asigna al Plioceno – Holoceno. La composición de las rocas y depósitos de esta formación varía desde alcalina – feldespática - igolítica – hasta calco alcalina andesítica.

Además de las fallas Romeral y de Patía existen fallas en dirección E – W dando lugar a una serie de bloques tectónicos que de norte a sur hacen que alteren depresiones con topografías positivas o levantadas (Paris y Marin 1951), la mayoría de las fallas presentan actividad neotectónica que se manifiestan ampliamente en las rocas y depósitos de la formación Popayán.

#### 10.1.2 Geomorfología (AII)

Las intensas actividades volcánicas de la cordillera central sumadas con los fuertes movimientos tectónicos ocurridos en todo el Departamento configuran un intrincado sistema montañoso, cuyas ramificaciones, depresiones y valles intermedios determinan las diferentes unidades geomorfológicas encontradas en el municipio como son:

**Montañas:** presentan alta susceptibilidad a la erosión y esto es debido principalmente a la ausencia casi total de cenizas volcánicas, las áreas cubiertas por cenizas muestran procesos erosivos menos acentuados.

**Colinas:** Referente a los relieves ondulados de alturas mayores de 50 m. e inferiores de 300 m., abarcan casi todo el altiplano de Popayán, corresponden a un clima medio húmedo y presentan aspecto ondulado donde alternan pendientes menores del 10% y otras superior al 30% pero siempre de longitud corta. La configuración anterior se altera bruscamente hacia la hoya de los ríos, que encañonados presentan fuertes escarpes.

**Superficies Aluviales:** El Proceso de disposición aluvial está restringida casi por completo a los materiales de fondo de los cauces de los ríos y quebradas, existiendo dentro de las unidades geomorfológicas anteriormente mencionadas, remanentes de terrazas, valles aluviales, coluviales, así como pequeñas depresiones que se manifiestan a manera de fajas angostas y planos cóncavos. Están constituidos por materiales arcillosos, con marcada saturación de agua en algunos de ellos (IGAC 1982).

### 10.1.3 Hidrología

La red hidrológica del municipio de Popayán esta compuesto corrientes que descienden del macizo Colombiano y desembocan en el Río Cauca en la siguiente tabla se relacionan las principales corrientes hídricas

Tabla 17. Principales corrientes hídricas del municipio de Popayán

Cuenca	Subcuenca	Microcuencas	Quebradas
Cauca	Río las piedras Río Molino Q. Pisojé Q. Pubús Río Saté Río Egido	Matarredondo La Laja El charco El Guarnizo o Gualimbio	El Bosque, El Uvo, El Tablazo, La Buitrera, Cajamarca, La laguna, Agua Sucia, Agua Colorada, Honda, Mulata. El Arenal, Molanga, Q. Pinilla, Cerro de Pusna, Q. Tinajas, Sta. Mónica, Santana, los Linderos, Zanjón. La Mira, Los Linderos, El Aljibe, San Bernardino, Las Chozas, Sajón, El Charco, Morinda, Las Pailas
	Hondo		La Laguna, Los Cajaos, Yaquiva, La Laja, La Arenosa, Ovillurco y Los Dos Brazos.
	Palacé	Río Blanco Clarete	San Benito, Calibio, El Tanque, La Cocina, Cano Guevara, Pena, Molanga, La Tetilla, San Antonio, La Lomita.

Fuente: POT, Popayán 2006.

#### ✓ **Río Cauca**

Esta corriente es la arteria principal dentro del sistema hídrico del Municipio de Popayán. Nace en el extremo sur del municipio de Puracé en la Laguna del Buey, atraviesa el municipio de Popayán de sur a norte, para cambiar su dirección en el casco urbano y atravesarlo de Este a Oeste. El cauce tiene pendientes suaves entre 0 y 3%. Los tiempos de concentración son prolongados debido a su forma rectangular y coeficiente de compacidad superior a 1.75, indicando bajas probabilidades de crecientes. La elevación promedia es 1683 m, lo cual significa que domina el piso térmico templado.<sup>16</sup>

Los principales problemas ambientales que se presentan en la cuenca del río cauca principalmente son la contaminación por aguas residuales de algunas empresas de lácteos y ganadería. Además el sistema actual de alcantarillado no cuenta con un tratamiento de aguas residuales y los vertimientos se hacen a pequeños ríos y quebradas que atraviesan la ciudad, los cuales en general tienen poco caudal y en consecuencia un bajo nivel de dilución, por lo que al llegar al río Cauca la adición de contaminantes es alta, a este problema se le suma la invasión de márgenes del río tanto por construcciones como por algunas urbanizaciones que si han recibido la autorización respectiva<sup>17</sup>.

<sup>16</sup> MUNICIPIO DE POPAYAN. Alcaldía. Plan de ordenamiento territorial POT. 2006. p 38

<sup>17</sup> Ibíd. p 54

✓ **Río Las Piedras**

Se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Popayán y es la principal fuente de abastecimiento de agua para el Acueducto de la ciudad de Popayán. La Subcuenca del río Las Piedras presenta una densidad de drenaje de 3.43 lo cual incide en que sea un área bien drenada, con velocidades en condiciones normales de 0.90 a 1.20 m/ s de la corriente principal, el sistema de drenaje es determinado por factores tales como la altitud, régimen de lluvias, cubierta vegetal, formación geológica y topografía especialmente.

✓ **Río Molino**

El río Molino tiene una extensión de 4030 ha, y aporta el 10% del agua del acueducto municipal<sup>18</sup>. Según aforos realizados en diferentes puntos del río se obtuvieron los siguientes resultados (Plan de manejo Municipio de Popayán. 1996)

Tabla 18. Aforos de caudal para el río Molino

Ubicación	Cota de altitud	Caudal L/S
Poblazón	2130	187.0
Puente carretera vía al Huila	2020	370.0
Bocatoma del acueducto	1780	318.3
Puente Yanaconas Río Molino	1740	271.5
Puente obras publicas vía al Huila	1720	363.1
B/ La sombrilla antes	1690	609.5
Puente Yanaconas Q. Yambitará	1740	91.6

Fuente Plan de Ordenamiento Territorial – Municipio de Popayán.

✓ **Subcuenca del Río Pisojé**

El río Pisojé nace en la vereda la unión por la vía Popayán - Coconuco y desemboca en el río Cauca en la vereda Pisojé alto, La microcuenca tiene una superficie de 1.885.5 hectáreas, la longitud del cauce principal es de 12.3 Km.

✓ **Subcuenca del Río Ejido:**

Nace en el sur occidente de la ciudad de Popayán la cual atraviesa de oriente a occidente y desemboca en el río Molino, tiene una superficie de 1559 ha, la longitud del cauce principal es de 10.2 Km., aproximadamente. El cauce del río tiene pendientes variables, que oscilan entre 2 y 59%, indicando en general altas velocidades los tiempos de concentración son prolongados por su forma oval oblonga a rectangular y coeficiente de compacidad de 1.5 , indicando bajas probabilidades de crecientes. La elevación promedio es 1863 m, lo cual significa que domina el piso templado<sup>19</sup>

✓ **Subcuenca del Río Hondo:**

El río Hondo recorre la meseta de Popayán de oriente a occidente con una longitud de 61 Km. Y está distribuida en los municipios de Sotará, Timbio y el Tambo. La subcuenca presenta forma rectangular por lo cual las crecidas o avenidas originadas por los afluentes son atenuadas a lo largo de los cauces, la densidad de drenaje es de 2.58 Km./Km<sup>2</sup>, con una pendiente suave aproximadamente de 3.4% asociándose esto con una alta eficiencia en el drenaje y una estabilidad en el régimen de sus caudales.

<sup>18</sup> Ibíd. p 47

<sup>19</sup> Ibíd. p 48

✓ **Subcuenca del Río Palacé:**

El área de la subcuenca está ubicada en la parte central y nororiental del Departamento del Cauca. Comprende los Municipios de: Totoró, Cajibío y Popayán. La subcuenca se desarrolla desde los 3600 mts en su parte más alta que es la laguna la Herradura (páramo de Guanacas) hasta los 1400 m en su desembocadura al río Cauca. El cauce atraviesa pendientes suaves que oscilan entre el 2 y el 6% hasta los 3000 m.(velocidades bajas) a 3100 y 3400 la pendiente se incrementa a 12 y 41% (velocidades altas). Los tiempos de concentración son prolongados debido a su forma oval oblonga a rectangular y coeficiente de compacidad superior a1.75, indicando bajas probabilidades de crecientes. La elevación promedio es 2376 m, lo cual significa que domina el piso térmico frío.

#### 10.1.4 Hidrogeología

Según estudios realizados por la CRC, se conoce que el flujo de agua subterránea va desde las partes altas, hacia los principales ríos que atraviesan la ciudad, a partir de estos estudios se definieron las siguientes zonas<sup>20</sup>:

- ❖ **Zona altamente permeable:** Ubicada entre el Río Cauca y el Río Molino incluye el Batallón, Aeropuerto, Terminal de transporte y Parque Mosquera, también incluye la margen derecha del Río molino en su parte baja. Existe otra zona al sur de Popayán próxima al Río Ejido.
- ❖ **Zona muy permeable:** Comprende una franja a todo lo largo del Río Molino y otra adyacente al Río Ejido
- ❖ **Zona permeable:** Comprende una franja alargada en dirección Este Oeste, extendiéndose hasta la confluencia de los ríos Ejido y Molino.
- ❖ **Zona poco permeable:** Comprende los barrios del noreste de la ciudad, el sector histórico.

### 10.2 MEDIO BIOTICO (AII)

#### 10.2.1 Flora

Según el Plan de Ordenamiento Territorial para el municipio de Popayán la distribución de la vegetación se caracteriza de la siguiente forma:

- ❖ **Páramo**  
Se constituye tanto en un piso bioclimático como en un tipo especial de vegetación caracterizado por la presencia de extensos pajonales, de gramíneas y arbustos enanos. Dentro del Municipio se encuentra al oriente en el corregimiento de Quintana y cubre un área aproximada de 505 Ha.
- ❖ **Bosque abierto**  
Se diferencia del anterior por presentar estrato herbáceo y vegetación arbustiva, lo cual evidencia una tala selectiva. Se localiza en la parte alta, entre los 3.000 y 3.600 de altitud y al oriente del Municipio.

---

<sup>20</sup> Ibíd. p 74

- ❖ **Bosque natural secundario**  
Se ubican entre los 1.600 y 3.000 de altitud, en nacimientos y riberas de las quebradas, es bastante intervenido.
- ❖ **Bosque plantado**  
Unidad conformada por un mosaico en donde se pueden diferenciar las áreas de vegetación nativa de aquellas sembradas con pino y eucaliptos. Son cultivos forestales con fines protectores comerciales, ubicados entre los 1.600 y 2.000m de altitud. Se localizan especialmente en varios corregimientos del municipio como Santa Rosa, San Bernardino La Rejoja, El Tablón, Pueblillo Alto, el total de hectáreas en el municipio es de 1983 has.
- ❖ **Rastrojo**  
Son vegetales leñosos de menos de 5 metros de altura, sin tronco preponderante, que se ramifica a partir de la base y están combinados por estrato herbáceo. En el Municipio se encuentra en forma dispersa en la zona rural.
- ❖ **Pastizal**  
En el Municipio es la cobertura que más predomina, corresponde a una cobertura entre el 90 y el 100% de estrato herbáceo donde predominan gramíneas. Dentro de esta caracterización se encuentran los pastos con nivel de manejo, que son áreas dedicadas al pastoreo extensivo; también se encuentran pastos naturales, sin ningún nivel de manejo, y aparentemente no se les da ningún uso.
- ❖ **Cultivos**  
Corresponden a áreas con cultivos principalmente de café, caña panelera, Plátano, maíz, frijol y huertas comunitarias.

## 10.2.2 Fauna

El Municipio de Popayán se asienta en dos zonas de vida que son: Bosque Andino y Bosque Subandino, presentando una lata biodiversidad faunística. Los estudios realizados no muestran una información muy detallada, según informes de la C.V.C. (1991), se ha determinado la existencia de la fauna a través de la observación y la entrevista con algunos moradores de la región, además de la revisión de trabajos realizados sobre el tema. En las siguientes tablas se relacionan las especies reportadas.

Tabla 19: Aves en el Municipio de Popayán.

Orden	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
Columbidae	<i>Leptotilla plumbeiceps</i>	Paloma cabeza gris	Bosque andino
	<i>Columba cayanmensis</i>	Torcaza morada	Bosque Subandino
	<i>Zenaida auriculata</i>	Torcaza roja	Bosque Subandino
Cracidae	<i>Chamaepetes goudotti</i>	Pava cara azul	Bosque Subandino
Scolapacidae	<i>Trianga solitaria</i>	Chorlo	Bosque Subandino
Psitacidae	<i>Forpus conspallatus</i>	Periquito verde	Bosque Subandino
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	Pájaro ardilla	Bosque andino

Orden	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
	<i>Tapera naevia</i>	Tres tres	Bosque Subandino
	<i>Crotophaganni</i>	Calaguingo	Bosque Subandino
	<i>Coceyzus americanus</i>	Churrasquero	Bosque Subandino
Aciptridae	<i>Buteo albicaudatus</i>	Gavilán blanco	Bosque Subandino
	<i>Buteo magnirostris</i>	Gavilán	Bosque andino
Falconidae	<i>Milvangochimachima</i>	Garrapatero	Bosque Subandino
	<i>Falco sparverius</i>	Halconcito	Bosque Subandino
	<i>Polybotud plancus</i>	Guaraguau	Bosque Subandino
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo	Bosque Subandino
Ardeidae	<i>Balbuscus ibis</i>	Garcita del ganado	Bosque Subandino
Strigidae	<i>Asio stygius</i>	Búho	Bosque andino
	<i>Otus cholita</i>	Morrocoy	Bosque andino
Apodidae	<i>Streptoprogne Zonaris</i>	Vencejo	Bosque andino
	<i>Paniptila cavennensis</i>	Vencejo tijereto	Bosque andino
	<i>Cypseloides rutilus</i>	Vencejo	Bosque andino
Tturbidae	<i>Turdus serranus</i> <i>Myadestes ralloides</i>	Chiguaco Flautero	Bosque andino Bosque andino
	<i>Turdus ignobilis</i>	Chiguaquillo	Bosque andino
	<i>Catharus aurantirostris</i>	Flautero	Bosque andino
Fringillidae	<i>Zonotrichia campensis</i>	Gorrión	Bosque andino
	<i>Saltador atripennis</i>	Platanero	Bosque Subandino
	<i>Atrapetes sp.</i>	Piquigordo	Bosque andino
	<i>Crizoborus anglolensis</i>	Semillero	Bosque andino
	<i>Tiaris olivacea</i>	Semillerito	Bosque andino
	<i>Sporophila nigricollis</i>	Semillerito	Bosque andino

Orden	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
	<i>Volantina jacarina</i>	Semillerito negro	Bosque andino
	<i>Spinus psaltna</i>	Pacunguero	Bosque andino
	<i>Tyranus melancholicus</i>	Toriador	Bosque andino
	<i>Tangara heinei</i>	Azulejo	Bosque andino
Mimidae	<i>Munis gilvus</i>	Mirla gris	Bosque andino
Troglodytidae	<i>Troglodytes ardon</i>	Cucarachero	Bosque Subandino
Tyrannidae	<i>Elaenis sp.</i>	Fío copetón	Bosque andino
	<i>Tyranniscus chrysops</i>	Fío	Bosque andino
	<i>Todirostrum cineraum</i>	Toreadorcito	Bosque andino
	<i>Contopus sp.</i>	Piquilargo	Bosque andino
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Caza moscas	Popayán
	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Titiribí	Popayán
Phaseanidae	<i>Odontophorus</i>	Perdiz	Bosque Subandino
Caprimulgidae	<i>Neotudromus albicollis</i>	Dormilón	Bosque Subandino
Trochilidae	<i>Amalizilia sauceroti</i>	Esmeraldita	Bosque andino Popayán
	<i>Amalizia sp.</i>	Esmeraldita	
	<i>Coeligena coeligena</i>	Picacho	
	<i>Ocreatus underwoodi</i>	Colibrí cola de raqueta	
Momotidae	<i>Momotus momota</i>	Barranquero	Bosque Subandino
Picidae	<i>Veniliornis sp.</i>	Carpintero	Bosque
	<i>Drucopus lineatus</i>	Carpintero	Subandino
Furnaridae	<i>Thaninophilus</i>	Hormiguero	Bosque Subandino
Rhinocryptidae	<i>Seytalapus sp.</i>	Tapaculo	Bosque Subandino
Hirundinidae	<i>Notiochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina Común	Popayán
	<i>Stelgidoptery ruficollis</i>	Golondrina Café	Bosque Subandino
Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>	Quinquina cerraja	Bosque Subandino
Icteridae	<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo	Bosque subandino Popayán
	<i>Scaphidura oryzivora</i>	Chamón	
	<i>Icterus chrysater</i>	Chicao	
Parulidae	<i>Dentroica fusca</i>	Cerrojito	Bosque
	<i>Myloburus miniatus</i>	Señorita	Subandino

Fuente: informe general de los recursos naturales en el municipio de Popayán. Contraloría Municipal

Tabla 20. Mamíferos del Municipio de Popayán

Orden	Nombre científico	Nombre Común	Hábitat
Deposididae	<i>Dasyus novenciactus</i>	Armadillo	Bosque andino Y Subandino
Didelphidae	<i>Didelphis marsupiales</i>	Chucha	Bosque andino
Quiroptera	<i>Vampirops dorsalis</i>	Murciélago	Bosque andino Y Subandino
	<i>Sturnira sp</i>	Murciélago	
Sciuridae	<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla	Bosque andino Y Subandino
	<i>Mus musculus</i>	Ratón Gris	
	<i>Ratus sp.</i>	Rata	
Leporidae	<i>Syvilagus brasiliensis</i>	Conejo	Bosque andino y Subandino
Canidae	<i>Dusicyon thous</i>	Zorro	Bosque Subandino
Mustelidae	<i>Mustela frenata</i>	Chucuro	Bosque Subandino
Felidae	<i>Felis trigrina</i>	Tigrillo	Bosque Subandino
Erithizontidae	<i>Echinoprocta rufescens</i>	Erizo	Bosque Subandino

Fuente: informe general de los recursos naturales en el municipio de Popayán. Contraloría Municipal

Tabla 21. Reptiles en el Municipio de Popayán

Orden	Nombre científico	Nombre común	Hábitat
Elapidae	<i>Micrurus sp</i>	Coral	Bosque Subandino
Culubidae	<i>Erytrolampus sp</i>	Falsa coral	Bosque Subandino
	<i>Vrias morfo sp</i>	Cazadora	

Fuente: informe general de los recursos naturales en el municipio de Popayán. Contraloría Municipal

### 10.3 MEDIO SOCIOECONOMICO

#### 10.3.1 Lineamientos de participación

Considerando que la ruta especial de aseo de la secretaria de infraestructura del Municipio de Popayán realiza la recolección de los residuos hospitalarios y similares de los principales centros generadores de la ciudad y de algunos municipios cercanos (Timbio, El Tambo y Piendamó), se debe dar a conocer a estos municipios los alcances del proyecto, considerando principalmente a los generadores puesto que son ellos los directamente implicados en cuanto a costos de tratamiento y tipo de manejo que se le está dando a los residuos que producen, de la misma forma a la comunidad en general ya que son los contribuyentes directos a la generación de este tipo de residuos.

### **10.3.2 Dimensión Demográfica**

La población que estará afectada indirectamente incluye los habitantes del municipio de Popayán y el vecino municipio del Tambo inicialmente. Si se considera la ampliación en la prestación del servicio de recolección de los residuos hospitalarios y similares, pueden resultar involucradas otras poblaciones.

### **10.3.3 Dimensión Espacial**

Se visualiza la prestación del servicio de tratamiento de residuos hospitalarios generados en los municipios de Popayán, Timbio, el Tambo y Piendamó (municipios que actualmente se les presta el servicio de recolección y transporte para este tipo de residuos). Por lo que la implementación de un horno incinerador involucra de manera directa a estos municipios. Vale la pena aclarar que la ruta especial de aseo hace recolección solo en algunos centros generadores de estos municipios.

### **10.3.4 Dimensión Económica**

El municipio de Popayán ha tenido un nivel bajo en el proceso de desarrollo económico debido principalmente a que no posee gran número de industrias y no es centro importante para el acopio de la producción de bienes primarios de la región por lo que los productos del sector primario salen por lo general sin pasar por un proceso industrial. Como actividades poco desarrolladas están: la manufacturera, la industrial; debido al poco desarrollo tecnológico. El sector de la construcción genera poco impacto a la economía de la ciudad. Por otro lado está el comercio y el sector transporte y comunicaciones que son los principales generados del empleo en la ciudad.

En la zona rural la principal actividad económica es la agropecuaria, comercializando los productos sin ningún manejo industrial.

## **10.4 MEDIO ABIOTICO (AID)**

### **10.4.1 Geología**

La descripción de este elemento se realiza en base a estudios previos realizados principalmente por el Instituto de Geología y Mineralogía (INGEOMINAS) para el municipio de Popayán, debido que para la zona específica no existe información geológica detallada.

Los elementos geológicos presentes en la zona principalmente están compuestos por rocas metamórficas de posible edad paleozoica; lavas y piroclásticas de composición andesítica y dacítica producto de la cadena volcánica originada durante el terciario – cuaternario<sup>21</sup>

### **10.4.2 Geomorfología**

Entre la ciudad de Popayán y la localidad del Tambo afloran principalmente flujos de ignimbritas<sup>22</sup>. Según (Orrego y otros 1992) la unidad de tobas soldadas o ignimbritas,

---

<sup>21</sup> ORREGO, A; AGUDELO, A; BLES, J; JAMES, M; VASQUEZ, E. Microzonificación sismogeotectónica de Popayán. publicaciones especiales de ingeominas. N 2. Santa Fe de Bogotá. 1992. p 79 – 83.

<sup>22</sup> TORRES, María Patricia. Aporte al conocimiento de la geología y la estratigrafía de la formación Popayán. Novedades Colombianas. Museo de historia natural. N 7. 1997

presentan geoformas redondeadas, pendientes variables de 6 a 25 grados y de 90 grados (localmente son cóncavas y convexas): drenaje sub. dendrítico a dendrítico denso. El área de estudio se encuentra sobre una colina con un relieve de ladera inclinada 27% de forma convexa y drenaje con intensidad media.

### 10.4.3 Hidrología

Se reconoce la quebrada “El Ojito” y un nacedero de agua, como las formas de agua superficial presentes en la zona de estudio; a continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellas.

La quebrada “El ojito” ubicada a 300 metros aproximadamente del área elegida para la ubicación del horno incinerador. Esta quebrada posee un caudal aproximado de 6.2 L/s y su caracterización fisicoquímica reveló los siguientes resultados.

Tabla 22. Caracterización fisicoquímica Quebrada el Ojito

Parámetro	Unidad	Valor
pH	(un) (lab)	7.4
D.B.O <sub>5</sub>	mg/L	6
D.Q.O	mg/L	22
Sólidos suspendidos totales	mg/L	<5
Sólidos totales	mg/L	300
Sólidos disueltos	mg/L	288
Sólidos volátiles	mg/L	53
Alcalinidad total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	206
Cloruros	mg Cl/L	33
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	80
Dureza cálcica	mg CaCO <sub>3</sub> /L	68
Dureza magnésica	mg CaCO <sub>3</sub> /L	12
Fósforo total	mg P/L	0.5
Hierro total	mg Fe/L	33.2
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> /L	<5
Nitrógeno amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub> /L	10.6
Nitrógeno total	mg N Total Kjendhal/L	12.3
Cadmio	mg/L	N.A
Níquel	mg/L	N.A
<b>Resultado bacteriológico</b>		
NMP de coliformes totales	NMP/100 ml	4500
NMP de coliformes fecales	NMP/100 ml	4500
E. Coli	100 ml	Negativo

Fuente: PROINSA Ltda., Monitoreo de calidad de aguas superficiales

Los resultados anteriores son comparados con los artículos 38 al 45 del Decreto 1594/84, capítulo IV criterios de calidad para la destinación del recurso y se concluye:

- ❖ Según el artículo 38 si el agua de la quebrada El Ojito se destinara para consumo humano se requiere de un tratamiento convencional de potabilización.
- ❖ Si se utilizara el recurso para riego las concentraciones de coliformes deben ser inferiores que las reportadas en la tabla anterior por lo que no es posible darle este uso.
- ❖ Tampoco se puede destinar el recurso para fines recreativos mediante contacto primario, debido a que supera los valores de coliformes.
- ❖ Los valores de pH reportados cumple con los rangos establecidos en el artículo 45 para la preservación de flora y fauna en aguas dulces.

El nacedero de agua esta ubicado cerca a unos 35m de la zona destinada para la ubicación del proyecto, con un caudal aproximado de 0.4 L/s, de esta fuente de agua no se han realizado estudios fisicoquímicos, pero se pudo observar un alto grado de turbiedad.

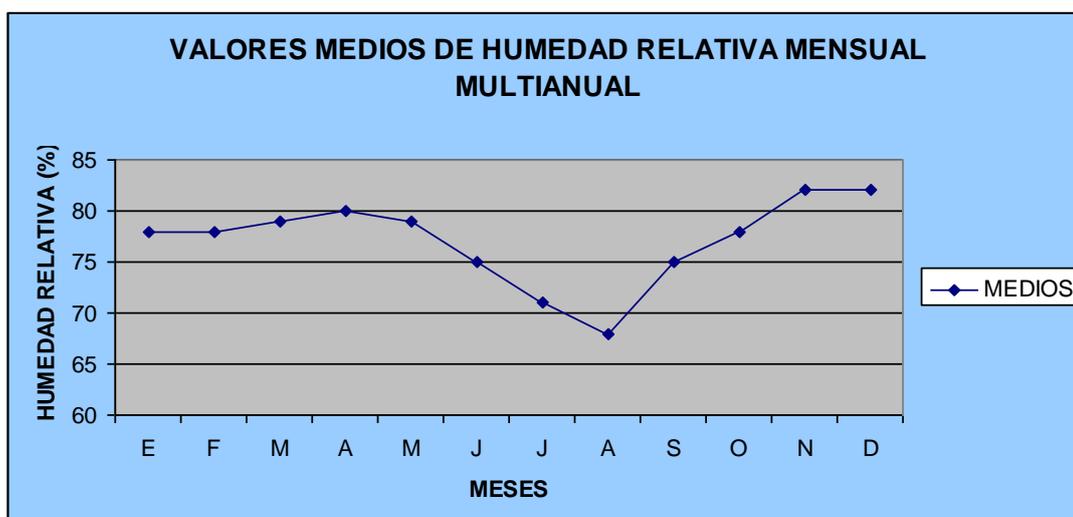
#### 10.4.4 Atmósfera

##### ❖ **Clima**

La descripción del clima de una región consiste en reconocer características como la temperatura y la precipitación principalmente, otros factores como la humedad, la evaporación y el brillo solar participan en menor grado. Teniendo en cuenta que la estación climatológica más cercana y más completa (estación de primer orden), es la estación del Aeropuerto Guillermo León Valencia de la ciudad de Popayán ubicada a 5 Km. del lugar de estudio, se toman registros de esta estación. En las siguientes figuras se muestra los valores medios mensuales para la humedad relativa, la evaporación y el brillo solar.

##### ○ **Humedad relativa.**

Figura 10. Valores medios de humedad relativa mensual multianual

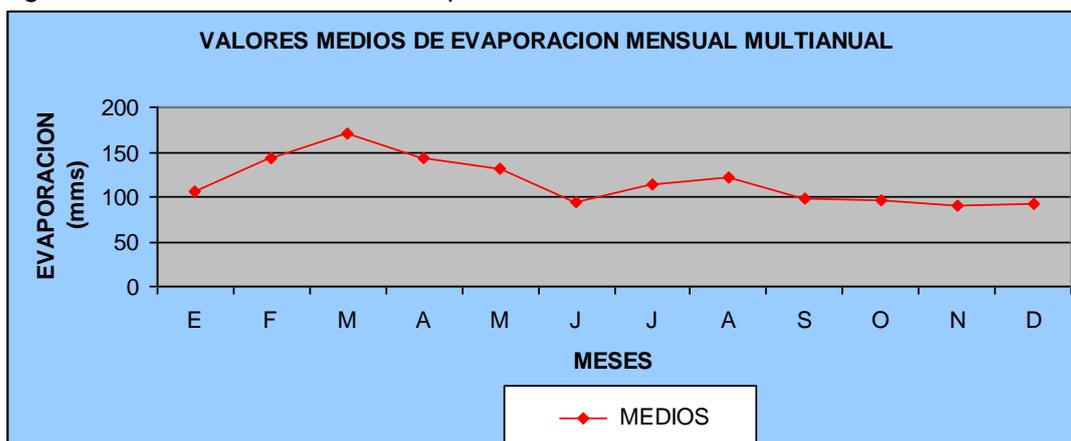


Fuente: El presente estudio 2009

La humedad relativa según la figura 10, oscila entre 68 y 82%, su variación esta relacionada con factores como la precipitación, los vientos, la nubosidad, temperatura y evapotranspiración y la cobertura vegetal presente en el área. El porcentaje mínimo se presenta en el mes de agosto y es de 68%, y el máximo porcentaje es de 82% en los meses de noviembre y diciembre.

- **Evaporación.**

Figura 11. Valores medios de evaporación mensual multianual.

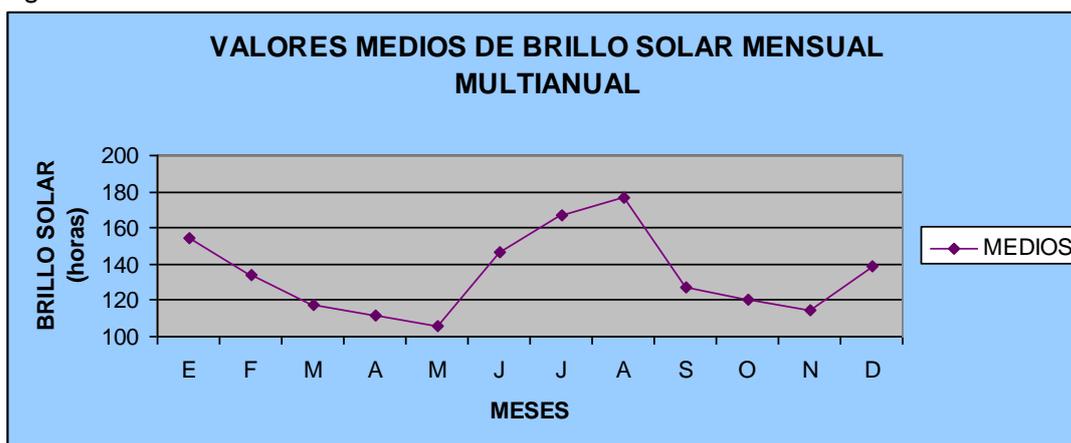


Fuente: El presente estudio 2009

La evaporación percibe el agua en forma de vapor de agua en la atmosfera, intervenida por diferentes factores meteorológicos. De acuerdo a la figura 11, los valores máximos de evaporación se presentan en el mes de marzo con 171 mm. El valor mínimo es de 90 mm en el mes de noviembre.

- **Brillo solar**

Figura 12. Valores medios de brillo solar mensual multianual



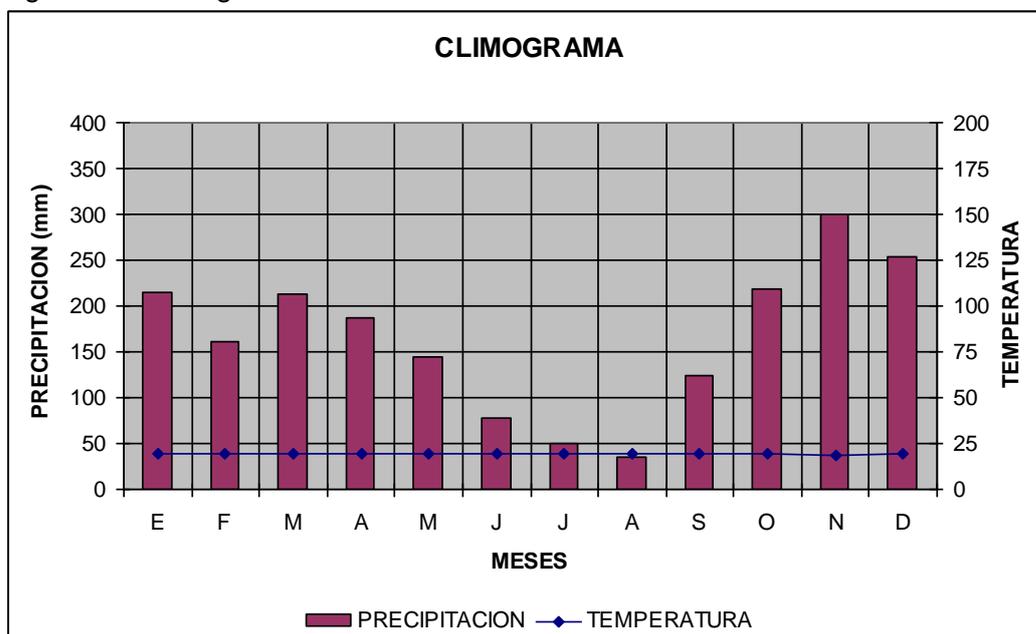
Fuente: El presente estudio 2009

La figura 12, indica que las horas de brillo solar fluctúan desde 106 horas en el mes de mayo hasta 177 horas en el mes de agosto, los meses con mayor brillo solar son Enero , Junio, Julio y Agosto y los meses que presentan menos horas de brillo solar son Marzo, Abril, Mayo y Noviembre.

- **Temperatura y precipitación.**

Los datos de precipitación y temperatura media registrados por varios años en la estación meteorológica del Aeropuerto Guillermo León Valencia de la Ciudad se representan en la figura 13.

Figura 13. Climograma



Fuente: El presente estudio 2009

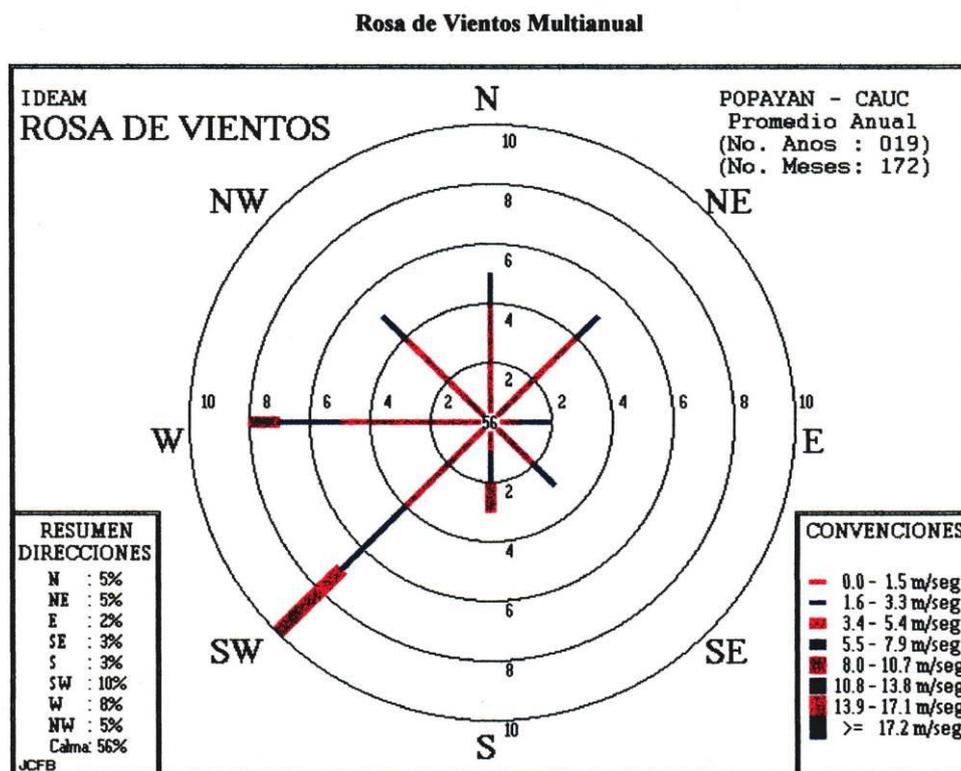
En la figura 13 se puede observar que las precipitaciones a lo largo del año varían teniéndose la mayor precipitación en el mes de noviembre y la menor en agosto, para este mismo mes se presenta un periodo de sequía puesto que la temperatura supera la precipitación, también se puede ver que la temperatura media no tiene una variación alta durante el año.

Relacionando el climograma y la grafica del brillo solar se puede decir que los meses que presentan las temperaturas más altas y menor precipitación tienen más horas de brillo solar.

- **Vientos**

Los vientos tienen importancia dentro del presente estudio principalmente por su acción en la dispersión de contaminantes. La dirección, velocidad y frecuencia en que se presentan los vientos, se muestran en el gráfico 14.

Figura 14 Rosa de los vientos Popayán.



Fuente: IDEAM

La Rosa de de Vientos de la estación aeropuerto Guillermo León Valencia de la ciudad de Popayán indica lo siguiente:

- ✓ Predominan los vientos con calma (con velocidades menores a 0.5 m/s) en un 56% de los registros.
- ✓ Los vectores de velocidad muestran que el viento sopla en todas las direcciones con un intervalo de frecuencias entre el 2 al 10% y con velocidades máximas de 5.4 m/s.
- ✓ La dirección Sur Occidente (SW) se caracteriza por tener una frecuencia del 10%; la segunda dirección predominante es la occidente (W) con un 8% de frecuencia estas dos direcciones presentan velocidades de hasta 5.4 m/s.

❖ **Clasificación climática**

Los factores climáticos anteriores permiten hacer la clasificación climática por tres métodos que se describen a continuación.

- Clasificación de Caldas.  
Ideada en 1802 por Francisco José de Caldas, se considera únicamente la variación de la temperatura con la altura y su aplicabilidad es exclusiva para el trópico americano. Según Caldas si se tiene una altura en un rango de 1001 a 2000 msnm y una temperatura entre 17.5 y 24 grados centígrados se tiene un piso térmico templado.
- Clasificación de Lang

Utiliza la relación entre la precipitación anual y la temperatura media anual, el llamado factor de Lang es el cociente entre los dos factores anteriores, lo cual determinó un clima húmedo.

- Clasificación de Caldas – Lang.  
Es la unión de los dos métodos anteriores y se determinó para la zona de estudio un clima Templado húmedo.

❖ **Aire**

La información presentada a continuación esta basada en el “monitoreo de la calidad del aire”, estudio realizado por la empresa Proinsa Ltda. en Agosto de 2007 y se utilizaron los siguientes parámetros y técnicas de muestro para la determinación de la calidad del aire en la zona de estudio.

Tabla 23. Parámetros y técnicas de muestreo para calidad de aire

Parámetro	unidades	Técnicas y procedimiento de muestreo
Partículas menores de 10 micras (PM10)	µg/m <sup>3</sup>	Medidor continuo – gravimetría con bandeja y discos de cascada
Monóxido de Carbono (CO)	mg/m <sup>3</sup>	Medidor continuo con sensor electrónico
Acido Sulfhídrico (H <sub>2</sub> S)	µg/m <sup>3</sup>	Medidor continuo con sensor electrónico
Metano (CH <sub>4</sub> )	Ppm	Medidor continuo con sensor electrónico

Fuente: PROINSA Ltda, Monitoreo de la calidad del aire

Los sitios seleccionados para la toma de muestras se ubicaron dentro del relleno Sanitario “el Ojito”, a una latitud norte 2° 27’ 54.5” y longitud oeste de 76° 39’ 10.4” y el barrio Lomas de Granada mas exactamente en la calle 3 # 56 – 25 a 1.1 kilómetros del sitio de disposición final. Los resultados obtenidos de partículas menores a 10 micras PM10 y los gases medidos como CO, H<sub>2</sub>S y CH<sub>4</sub>, son presentados en las siguientes tablas.

Tabla 24. Resultados inmisión de partículas PM10, “Relleno Sanitario el Ojito”

Sitio 1 lote “Relleno Sanitario El Ojito”					
Fecha	Filtro No.	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Peso neto (g)	Concentración de partículas PM10 (µg/m <sup>3</sup> )
Ag 7-8/07	1	4,6732	4,6856	0,0124	6,03
Ag 8-9/07	2	46711	4,6912	0,0201	9,77
Ag 9-10/07	3	4,6784	4,6937	0,0153	7,44
Ag 10-11/07	4	4,6709	4,6924	0,0215	10,45
Ag 11-12/07	5	4,6728	4,6877	0,0149	7,24
Ag 12-13/07	6	4,6801	4,6897	0,0096	4,67
Ag 13-14/07	7	4,6708	4,6908	0,0200	9,72
Ag 14-15/07	8	4,6726	4,6900	0,0174	8,46
Ag 15-16/07	9	4,6710	4,6829	0,0119	5,78
Ag 16-17/07	10	4,6729	4,6916	0,0187	9,09
Resultados Estadísticos					
Observaciones			Valor máximo		10,5
Tiempo en minutos para cada muestreo = 1440,00 Volumen de aire = 2057,14 Ecuación de calibración empleada Y=1.02- 0.6			Valor mínimo		4,7
			Promedio geométrico		7,87
			Desviación estándar		1,8
			Prueba Zeta		0,00
			Percentil 90 P <sub>90</sub>		9,8

Fuente: Monitoreo de calidad del aire

Tabla 25. Resultado gases de inmisión relleno sanitario "El Ojito"

<b>Sitio 1 "Relleno Sanitario El Ojito"</b>						
Fecha	Muestra #	CO (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	CH <sub>4</sub> (ppm)		
Ag 7-8/07	1	0.52	0.003	0.09		
Ag 8-9/07	2	0.72	0.002	0.13		
Ag 9-10/07	3	0.11	0.0017	0.08		
Ag 10-11/07	4	0.77	0.002	0.08		
Ag 11-12/07	5	0.68	0.001	0.07		
<b>Sitio 2 Lomas de Granada calle 3 # 56-25</b>						
Ag 12-13/07	6	0.19	0.001	0.02		
Ag 13-14/07	7	0.07	0.001	0.05		
Ag 14-15/07	8	0.22	0.001	0.09		
Ag 15-16/07	9	0.16	0.001	0.06		
Ag 16-17/07	10	0.01	0.001	0.02		
<b>Análisis Estadísticos</b>						
Variable estadística	Sitio 1	Sitio2	Sitio 1	Sitio2	Sitio 1	Sitio2
Valor máximo	0.77	0.22	0.0030	0.0010	0.130	0.090
Valor mínimo	0.11	0.01	0.0010	0.0010	0.070	0.020
Promedio	0.56	0.13	0.0019	0.0010	0.090	0.048
Desviación estándar	0.24	0.08	0.0006	0.000	0.021	0.026
Prueba zeta	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.000	0.000
Percentil 90 P <sub>90</sub>	0.77	0.22	0.0030	0.0010	0.130	0.090

Fuente: PROINSA Ltda., Monitoreo de la calidad del aire

Los anteriores resultados son comparados con los niveles máximos permisibles establecidos en la resolución 601 de 4 de abril de 2006, norma de calidad de aire o nivel de inmisión para el territorio nacional, para lo cual en la tabla 26 se muestra los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.

Tabla 26. Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Contaminante	Unidad	Limite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	µg/m <sup>3</sup>	100	Anual
		300	24 horas
PM10	µg/m <sup>3</sup>	70*	Anual
		150	24 horas
SO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.031 (80)	Anual
		0.096 (250)	24 horas
		0.287(750)	3 horas
NO <sub>2</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.053 (100)	Anual
		0.08 (150)	24 horas
		0.106 (200)	1hora
O <sub>3</sub>	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.041 (80)	8 horas
		0.061 (120)	1hora
CO	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	8.8 (10)	8 horas
		35 (40)	1hora
H <sub>2</sub> S	ppm (µg/m <sup>3</sup> )	0.005 (7.0)	Umbral

\*La norma aclara que para el año 2009 el límite máximo permisible anual para Pm10 debe ser de 60 µg/m<sup>3</sup>.

Nota: para el metano (CH<sub>4</sub>), no hay norma de referencia nacional, la organización mundial de la salud OMS, recomienda 0.16 ppm en concentraciones promedio para 3 horas de observación.

- Para PM<sub>10</sub>, el máximo valor que se muestra en la tabla 24, es de 10,5 en 24 horas y la norma establece un valor máximo permisible de 150.
- Para CO en el sitio 1. se tiene un valor máximo de 0.77 y un valor promedio de 0.56 en un día, la norma establece un valor de 8.8 ppm para 8 horas de medición. En el sitio 2 los valores de CO son inferiores que los medidos en el sitio 1; por lo que se puede decir que el monóxido de carbono en el relleno sanitario “El Ojito” y el barrio Lomas de Granada esta dentro de los valores establecidos por la norma Nacional.
- El H<sub>2</sub>S medido en el sitio 1, es de 0.0019 ppm promedio y un valor máximo de 0.003 ppm lo que indica que se cumple con la norma nacional. En el sitio 2, los valores de H<sub>2</sub>S se mantienen constantes los 5 días de prueba con un valor de 0.001 ppm.
- No hay norma Nacional que establezca niveles máximos permisibles para el metano (CH<sub>4</sub>), por que este contaminante se compara con la recomendación de la OMS, la cual recomienda un valor máximo de 0.16 ppm para tres horas continuas, en el sitio 1 de muestreo se presenta un valor máximo de 0.13 ppm para 24 horas de medición; en el sitio 2 los valores de CH<sub>4</sub> son inferiores, por lo que se concluye que los valores obtenidos en los muestreos en los dos sitios no supera la recomendación de la OMS.

#### ❖ Ruido

Como principales generadores de ruido dentro del relleno se consideran las actividades propias de este con maquinaria como volquetas, retroexcavadoras, la continua llegada de los vehículos recolectores de residuos y demás tránsito vehicular. Debido a que la zona se encuentra ubicada junto a una vía bastante transitada, el ruido también se ve afectado por esta actividad. Adicional a esto cerca del lugar se realiza explotación de madera hecho que aumenta el nivel de decibeles en la zona.

#### 10.4.5 Suelo

Las características del terreno influyen en el comportamiento estático y dinámico de las estructuras, por lo que es importante el conocimiento de las mismas antes de dar inicio al proyecto, considerando lo anterior y teniendo en cuenta que para dar un concepto sobre si el terreno soportará el peso del equipo, es necesario realizar estudios técnicos especializados, que por lo pronto no es posible llevar a cabo. Por esta razón el diagrama de cargas del horno incinerador en el presente estudio se presenta como una herramienta a utilizar en el momento de realizar un estudio geotécnico (ver anexo (C)).

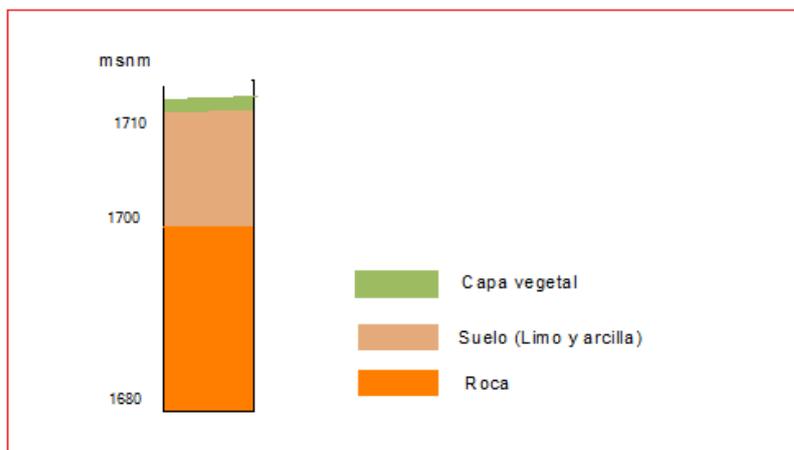
“Los suelos correspondientes al relleno sanitario “El Ojito” son de textura, franca – arcillosa y franca arenosa, su estructura corresponde a ignimbritas; constituidas de varios flujos de tobas soldadas biotíticas con plagioclasa y cuarzo de obsidiana”.<sup>23</sup> Los suelos que presentan este tipo de textura son derivados de cenizas volcánicas, generalmente se hallan capas gruesas de color amarillo que se apoyan directamente sobre roca, poseen un pH ligeramente ácido, con baja fertilidad, puede ser lentamente permeable y presenta

---

<sup>23</sup> ALCALDIA DE POPAYAN. Saya ingeniería & geoambiente estudios geofísicos y complementarios para el saneamiento y conversión a relleno sanitario del vertedero de residuos sólidos “El Ojito”. Noviembre de 2003

compactación moderada.<sup>24</sup> En los ocho sondeos eléctricos realizados por la firma SAYA ingeniería & geoambiente para el relleno sanitario “El Ojito” es posible apreciar que aproximadamente a 10 mts de profundidad se encuentra el estrato de roca. En la figura 15 se ilustra el perfil del suelo para el relleno.

Figura 15. Perfil del suelo Relleno Sanitario “El Ojito”



Fuente: El presente estudio 2009

## 10.5 MEDIO BIÓTICO (AID)

### 10.5.1 Flora

Para este elemento ambiental el área de estudio va corresponde al espacio exacto de ubicación del proyecto, que para este caso será un área aproximada de 831,25m<sup>2</sup>, teniendo en cuenta que es un área pequeña, la vegetación se determinó por medio de visitas a la zona, tomando nota en las fichas de campo, los datos obtenidos se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Vegetación en la zona de ubicación del proyecto

Nº	Cantidad	Nombre común	Nombre científico
1	6	Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>
2	2	Pino	<i>Pinus sp</i>
3	3	Balso	<i>Ochroma piramidales</i>
4	5	Papaya	<i>Carica papaya</i>
5	1	Aguacate	<i>Persea americana</i>
6	9	Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i>
7	12	Higuerilla	<i>Ricinus communis</i>
8	2	Guayaba	<i>Psidium guajava</i>
9	2	Lulo	<i>Solanum quitoense</i>
10	1	Tomate de árbol	<i>Solanum Lycopersicum</i>
11	4	Tomate de cocina	<i>Cyphomandra betacea</i>
11	Abundante	Pasto	<i>Cynodon dactylon</i>
12	Abundante	Escoba	<i>Cytisus multiflorus</i>
13	Abundante	Helecho	<i>Pteridium aquilinum</i>
14	Abundante	Enredadera	<i>Ipomoea batata</i>

Fuente: El presente estudio 2009

<sup>24</sup> ORREGO, A; AGUDELO, A; BLES, J; JAMES, M; VASQUEZ, E. Microzonificación sismo geotectónica de Popayán. publicaciones especiales de ingeominas. N 2. Santa Fe de Bogota. 1992

## 10.5.2 Fauna

Generalmente para este elemento solo se considera los vertebrados silvestres, en el presente inventario para la determinación de la fauna se realizaron visitas al lugar, la mayoría de las especies inventariadas se registraron por información suministrada por los operarios del relleno sanitario. La descripción de este elemento se puede observar en la tabla 28.

Tabla 28: Fauna en la zona de ubicación del proyecto

Nº	Nombre común	Nombre científico	Nº de individuos	Percepción	
				Directa	Indirecta
1	Búhos	<i>Asio stygrus</i>	3	X	X
2	Conejos	<i>Syvilagus brasiliensis</i>	No especifica	X	
3	Armadillos	<i>Dasyus novenciacus</i>	No especifica	X	
4	Erizo	<i>Echinoprocta rufescens</i>	1	X	
5	Ratas	<i>Ratus sp.</i>	No especifica	X	
6	Zarigüeyas	<i>Didelphis marsupiales</i>	No especifica	X	
7	Guagua		1	X	
8	Serpientes cazadoras	<i>Vrias morfo sp.</i>	No especifica	X	
9	Gallinazos	<i>Coragyps atratus</i>	Abundante	X	
10	Guaraguau	<i>Polybotud plancus</i>	Abundante	X	
11	Garzas	<i>Bubulcus Ibis</i>	Abundante	X	
12	Gorriónes	<i>Zonotrichia campensis</i>	Abundante	X	
13	Murciélago	<i>Stumira sp</i>	Abundante	X	

Fuente: El presente estudio 2009

## 10.6 MEDIO SOCIOECONÓMICO (AID)

### 10.6.1 Lineamientos de participación

Debido a los efectos que puede llegar a causar la implementación de un horno incinerador en la población aledaña, la participación de la ciudadanía en el desarrollo del proyecto es muy importante, por lo cual se debe divulgar las características y las derivaciones que posiblemente tendrá el proyecto por medio de talleres comunitarios. Para lo cual se necesita la participación activa de la alcaldía municipal como autor del proyecto, la Corporación Autónoma Regional de Cauca CRC como autoridad ambiental.

### **10.6.2 Dimensión Demográfica**

Los centros poblados más cercanos al sitio de ubicación del Proyecto son el Barrio Lomas de granada y la Vereda Cajete con 1333 habitantes, también se tiene moradores dispersos cerca al lugar.

### **10.6.3 Dimensión Espacial**

Aunque la zona del relleno sanitario “El Ojito” es considerada dentro del POT como área de tratamiento especial, también se considera el corredor interregional Popayán – El Tambo (comprende el sitio donde se ubicara el proyecto) como área Suburbana y zona objeto de desarrollo con restricciones de uso.

### **10.6.4 Dimensión Económica**

Dentro del área de influencia directa en la zona rural la ganadería juega un papel importante en es desarrollo económico y en menor grado la agricultura. En la comunidad urbana presente en el área de influencia directa (barrio Lomas de Granada), las actividades comerciales como venta de verduras en las plazas de mercado, venta de periódicos, ventas de artículos menores y empleados en actividades de construcción son las principales fuentes de empleo. Solo un pequeño porcentaje tienen empleo en el sector público o privado.

## **10.7 PAISAJE**

Está considerado como la expresión perceptual del medio físico, por lo que la descripción de este elemento puede ser muy subjetiva. Considerando lo anterior, para realizar una descripción mas objetiva del paisaje se debe recurrir al análisis de los elementos que lo constituyen, reconociendo el paisaje como la interacción del clima, las aguas, el relieve, la vegetación, la fauna, el suelo y los seres humanos principalmente.

Al tener en cuenta esta interrelación, el paisaje de la zona de influencia directa se puede decir que por el clima y vegetación presentes es un paisaje de clima templado, por el relieve es un paisaje de colinas y según el grado de intervención humana es un paisaje transformado.

## 10.8 ÁRBOL DE FACTORES AMBIENTALES

La tabla 29 muestra los elementos y factores reconocidos que pueden llegar a ser afectados por la actividad proyectada.

Tabla 29. Árbol de factores ambientales

Sistema	Medio	Elemento	Factor	Cod.
Biofísico	Físico	Aire	Calidad del aire	F1
		Suelo	Compactación del suelo	F2
			Contaminación por residuos	F3
		Agua	Calidad del agua	F4
	Usos del agua		F5	
	Biótico	Flora	Perdida de cobertura	F6
	Perceptual	Paisaje	Vistas panorámicas y paisaje	F7
Socio económico	Demográfico	Desarrollo urbanístico	Crecimiento urbanístico	F8
		Población activa	Generación de empleo	F9

Fuente: El presente estudio 2009

## 11. ZONIFICACIÓN AMBIENTAL

Con base en la información obtenida en la caracterización del área de influencia, se elaboró la zonificación ambiental en la que identifican y delimitan zonas que según sus características pueden presentar susceptibilidad ambiental definida como:

- ✓ Susceptibilidad baja: son las que presentan sensibilidad ante los posibles cambios a generarse por la implementación del proyecto, como son las áreas de uso ganadero y producción forestal vecinas al lugar.
- ✓ Susceptibilidad media: son las zonas que exhiben una sensibilidad media ante los cambios a generarse por la implementación del proyecto, los efectos que podían ocasionarse son de orden reversible, a esta corresponde la zona revegetalizada dentro del relleno sanitario "El Ojito"
- ✓ Susceptibilidad alta: zonas que exhiben una alta sensibilidad ante los posibles cambios a generarse por la implementación del proyecto, y los posibles efectos que se causan son de alta complejidad. A esta categoría corresponde el Barrio Lomas de Granada como comunidad mas cercana al sitio destinado para la ubicación del proyecto.

No se presentan áreas de muy alta susceptibilidad debido a que el sitio de ubicación de horno incinerador se encuentra en un área muy intervenida y mas específicamente se encuentra dentro de una zona que según el POT se clasifica como de tratamiento especial.

## 12. DEMANDA USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

### 12.1 AGUAS SUPERFICIALES

El agua requerida para la implementación del proyecto se tomará del acueducto veredal de Cajete (en caso de que este acueducto no pueda cubrir el consumo de agua en el incinerador), se gestionará para que sea el Acueducto de Popayán quien brinde este servicio. El suministro de agua en el intercambiador es de 8 m<sup>3</sup>/h, adicional a esto se necesitará agua para la limpieza del cuarto frío y los vehículos transportadores de los residuos.

El agua que se suministrará al intercambiador debe tener ciertas características para evitar la corrosión de aparato como en la siguiente tabla se especifican la calidad del agua a utilizar.

Tabla 30. Calidad de agua a utilizar en el intercambiador de calor

Parámetro	Unidad	Valor
Dureza	mg/lit de CO <sub>3</sub> Ca	≤ 5
Aceites y Grasas	mg/lit	≤ 1
Oxígeno disuelto	mg/lit de O <sub>2c</sub>	≤ 0.2
pH a 20°C		8 a 9
CO <sub>2</sub>	mg/lit en forma de CO <sub>3</sub> H	≤ 25
Materias orgánicas	mg/lit de MnO <sub>4</sub> K	≤ 10

Fuente: Premac S.A.

### 12.2 VERTIMIENTOS

#### ❖ Vertimientos a cuerpos de agua

Debido al contenido de productos químicos del agua residual de los procesos de limpieza y mantenimiento del cuarto frío, vehículo recolector y pisos; no se puede realizar un tratamiento convencional para agua residual por lo que se propone bombearla al incinerador nuevamente. Por tanto no se realiza vertimientos líquidos. Para el agua que llega al intercambiador de calor se propone enfriarla mediante una torre de enfriamiento recircularla por el intercambiador de calor que posee un sistema cerrado que evita el contacto del agua con el gas, por lo que durante este proceso no se genera agua contaminada.

#### ❖ Vertimientos a suelos

Como residuos sólidos generados en la incineración se tiene principalmente las cenizas, las cuales serán entregadas a una empresa autorizada para que realice la disposición de las mismas. Previo a esta entrega se debe efectuar un control y monitoreo de cenizas por medio de la prueba TCLP (Lixiviación para característica de toxicidad).

#### ❖ Emisiones atmosféricas

Los gases producidos en el proceso son expulsados por una chimenea de 15 m de alto. Los principales contaminantes atmosféricos que se pueden generar en proceso de la incineración y los sistemas de control para cada uno de los contaminantes se relacionan en la siguiente tabla.

Tabla 31. Emisiones atmosféricas del horno incinerador Premac IP 100

CONTAMINANTE	Promedio hora (mg/m <sup>3</sup> )
Partículas suspendidas totales	< 100
Mercurio y sus compuestos ( Hg )	< 0.1
Metales pesados (cadmio, talio, plomo, cromo, cobalto, níquel, etc.)	< 0.55
Hidrocarburos totales	
- CH <sub>4</sub> (Metano)	< 20
- HF ( Fluoruro de hidrógeno)	< 4
- HCL ( Ácido clorhídrico )	< 60
- Dioxinas y furanos	< 2
SO <sub>2</sub> ( Dióxido de azufre )	< 200
NO <sub>2</sub> ( dióxido de nitrógeno )	< 400
CO ( Monóxido de carbono )	< 100

Fuente: Premac S.A.

❖ **Residuos sólidos**

Los principales residuos sólidos a considerar dentro de la operación del horno incinerador son las cenizas y el polvillo que se pueda quedar retenido en el filtro de mangas. Los cuales pueden contener metales pesados por lo que se clasifica como residuo peligroso y se debe controlar su disposición final.

## 13. IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La caracterización del área de influencia muestra las condiciones en que se encuentra la zona sin los efectos del proyecto por lo que permite analizar como puede llegar a ser modificada con el proyecto.

### 13.1 SIN PROYECTO

Actualmente la zona de influencia directa del proyecto esta compuesta en general por pastizales destinados al pastoreo de ganado vacuno, también se encuentra vegetación arbustiva, un cultivo forestal y ausencia de bosque nativo, lo que indica la alta intervención que ha sufrido, se puede considerar que esta transformación se ha generado debido a la facilidad de acceso que se tiene ya que se encuentra junto a una vía bastante transitada. Los principales problemas ambientales que se pueden considerar en un futuro son: el sobre pastoreo, el pisoteo y la erosión; en las áreas donde se han introducido cultivos de árboles maderables, se presenta perdida de biodiversidad y de las componentes propios del suelo.

En cuanto al área específica de ubicación del proyecto, como ya se mencionó hace parte del actual relleno sanitario “El Ojito” y presenta poca vegetación debido al grado de intervención que tiene, de hecho es el único sitio dentro del relleno que se encuentra libre de residuos y actualmente alberga una caseta para almacenamiento de cal.

Las fuentes de agua presentes en el lugar, no se utilizan debido a su bajo caudal. Y el grado de contaminación para la quebrada “El Ojito” menciono anteriormente.

La calidad del aire en la zona según el estudio sobre monitoreo de la calidad del aire para el relleno sanitario “El Ojito”, cumple con los niveles máximos permitidos por la resolución 601 (M.A.V.D.T); por otro lado se tiene que este relleno sanitario tiene poco tiempo de vida útil y una vez cumplida debe ser clausurado y revegetalizado. Lo que supone una disminución en los valores de PM10 y CO. Para el H<sub>2</sub>S y El CH<sub>4</sub> no se puede determinar cual será su evolución pero como la materia orgánica presente debajo de la vegetación nueva sigue su proceso de descomposición estos gases seguirán presentes en la atmosfera.

En la parte socio económica las comunidades aledañas a la zona realizan actividades de ganadería, muy poca agricultura, algunos negocios independientes y trabajos varios. Sin la intervención del proyecto estas comunidades pueden continuar beneficiándose de los recursos que les brinda el lugar, también es posible que sea urbanizada la zona contigua a la vía principal.

### 13.2 CON PROYECTO

Para realizar el análisis de los posibles efectos que se generar al implementar el proyecto en esta zona, se relacionan las acciones del proyecto y los factores ambientales afectados en una matriz causa – efecto presentada en la tabla 32.

Tabla 32. Matriz de relación Causa – Efecto

ACCIONES	ADECUACION DEL TERRENO			CONSTRUCCIONES CIVILES					INSTALACION DE EQUIPOS			ALMACENAMIENTO TEMPORAL DE RESIDUOS		PROCESO DE INCINERACION			TRATAMIENTO DE ELEMENTOS RESIDUALES			DESMANTELAMIENTO DE LAS INSTALACIONES			
FACTORES	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	
F1		X	X						X						X		X		X			X	
F2		X	X			X	X		X		X												
F3							X										X					X	
F4												X	X	X	X	X						X	
F5							X					X	X			X						X	
F6	X		X																				
F7	X	X	X				X		X	X	X				X					X		X	X
F8															X								X
F9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X			X		

### 13.2.1 Análisis y discusión de resultados

- ❖ El factor mas afectado es la generación de empleo y el impacto generado es positivo para la economía de la comunidad, este factor se ve intervenido por la mayoría de las acciones, debido a la necesidad de mano de obra en el desarrollo en las diferentes etapas del proyecto.
- ❖ En orden descendente de afectación le sigue la calidad y los usos del agua que se ve afectada por seis acciones dentro del desarrollo del proyecto, las fases que mas afectan negativamente estos factores son el almacenamiento temporal de los residuos y el proceso de incineración como tal, debido a que se deben realizar labores de mantenimiento tanto al cuarto frío como al horno incinerador.
- ❖ Otro impacto negativo que se produce involucra la calidad del aire debido principalmente a las emisiones gaseosas generadas en la incineración (PM10, CH<sub>4</sub>, CO, H<sub>2</sub>S) de los residuos y en menor grado en la fase de adecuación del terreno, donde la calidad del aire se ve afectada por el aumento de las partículas en suspensión y la modificación en los niveles de gases, producto de el uso de combustibles por la operación de maquinaria.
- ❖ La compactación del suelo es perturbada por la adecuación del terreno y las construcciones civiles, especialmente por el tránsito de maquinaria y del peso de los equipos a instalar.
- ❖ El paisaje evaluado se refiere a un escenario intervenido, para la evaluación de la calidad paisajística se asumen criterios de apreciación estética sobre la calidad sensorial de los recursos y se realiza una clasificación cualitativa del escenario paisajístico.
- ❖ En orden de afectación se tiene la contaminación por residuos sólidos que se ve afectado por las acciones de construcciones civiles y la generación y manejo de las cenizas resultantes del proceso de incineración.
- ❖ Por último los factores menos impactados son la pérdida de cobertura y el crecimiento urbanístico en la zona, este último se afecta negativamente por la generación de gases pero es posible que se recupere en la fase de abandono del proyecto.

## **14. ZONIFICACIÓN DEL MANEJO AMBIENTAL DEL PROYECTO**

Corresponde a una valoración cualitativa que determina el nivel de vulnerabilidad con respecto a la ejecución del proyecto y establece las áreas de exclusión, de intervención con restricciones y de intervención. La zonificación del manejo ambiental se realizó para el área de influencia directa.

### **14.1 CATEGORÍAS DE ZONIFICACIÓN PARA MANEJO**

El análisis incluyó las Áreas de exclusión que son zonas sin posibilidad de intervención debido a sus características de fragilidad, sensibilidad y funcionalidad socio-ambiental para la zona, y una baja capacidad de auto recuperación de los componentes a ser afectados, que ostentan el carácter de área con régimen especial de protección. Dentro de la zona de influencia indirecta esta áreas corresponde a unos pocos sitios que conservan una vegetación nativa compuesta principalmente por nacederos, balso, arrayán y yarumo, que sirven como barreras vivas y ayudan en la absorción de los gases contaminantes, por lo que se deben mantener en su estado actual.

Otra categoría de la zonificación corresponde a las Áreas de intervención con restricciones, donde se debe tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes a las actividades, con las etapas del proyecto y con la sensibilidad ambiental de la zona. Esta zona corresponde el barrio Lomas de granada donde se debe tener un manejo especial debido a que es el área urbana mas cercana al proyecto y puede verse afectada por los gases generados en el momento de realizar la incineración, de la misma forma se debe considerar las zonas aledañas donde existe infraestructura comunitaria. Las áreas de intervención con restricciones incluyen; el acueducto veredal de Cajete teniendo en cuenta los caudales a consumir en las diferentes etapas del proyecto.

La tercera zona, áreas de intervención, corresponde a los terrenos de baja sensibilidad ambiental, que pueden ser intervenidos con los manejos adecuados, esta área corresponde al terreno que actualmente ocupa el relleno sanitario "El Ojito": este relleno le queda poco tiempo de vida útil y se ha proyectado convertirlo en un eco parque después de su clausura, para este momento se debe realizar un cerramiento a la zona que comprende la planta de incineración, con el propósito de protegerla y de evitar que intervenga con las actividades del nuevo parque.

## 15. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

### 15.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El plan de manejo ambiental que se presenta a continuación, esta constituido por el conjunto de programas y actividades que deberán implementarse durante la fase de construcción y operación del proyecto, con el propósito de prevenir, mitigar, corregir o compensar los impactos ambientales negativos que se puedan derivar de las actividades en las distintas fases del proyecto.

### 15.2 OBJETIVOS

✓ **Objetivo General**

La formulación del Plan de Manejo Ambiental (PMA) tiene como principal objetivo diseñar los programas y medidas de manejo ambiental para la construcción y operación de la planta de incineración de residuos hospitalarios y similares.

✓ **Objetivos Específicos**

- Identificar y diseñar las medidas de manejo ambiental necesarias para prevenir, controlar, mitigar o compensar los impactos ambientales generados por el proyecto.
- Integrar conceptos de la ingeniería ambiental, de las ciencias biológicas y de las ciencias sociales, con el objetivo de enmarcar el desarrollo del Proyecto dentro del contexto de sostenibilidad de los recursos naturales.
- Integrar conceptos de la ingeniería ambiental con estudios previos realizados por diferentes disciplinas, con el objetivo de delimitar el desarrollo del proyecto dentro del contexto de sostenibilidad de los recursos naturales.
- Identificar los recursos técnicos, humanos y económicos necesarios para la realización de los programas y medidas de manejo ambiental propuestas en el PMA, de la misma manera el cronograma y los indicadores que permiten verificar el avance y cumplimiento.
- Fomentar la participación de los trabajadores del proyecto y promover una actitud positiva frente a los distintos componentes ambientales.

### 15.3 LINEAMIENTOS

Para su elaboración se tuvieron en cuenta los siguientes lineamientos:

- ❖ El plan de manejo ambiental esta dirigido a garantizar la conservación, manejo y uso adecuado de los ecosistemas afectados durante la etapa de construcción de las obras civiles y la operación del horno incinerador, en especial lo que tiene que ver las pequeñas áreas de bosque no intervenido y la el barrio Lomas de Granada.
- ❖ El PMA comprende programas y medidas, para los componentes físico, biótico y sociocultural.
- ❖ El PMA incorpora tecnologías de prevención y control para las emisiones gaseosas con el fin de evitar el deterioro en la calidad del aire.
- ❖ El plan de manejo ambiental se estructuro bajo la identificación de los impactos ambientales negativos producto de la implementación del proyecto, para los cuales se describen las respectivas medidas de prevención, control, mitigación, corrección y/o compensación que se deben implementar y ejecutar durante las construcciones civiles y la posterior operación del horno incinerador.

#### **15.4 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

Para poner en marcha los programas de manejo ambiental que se proponen se deben considerar las siguientes estrategias:

##### **15.4.1 Organización**

Con el fin de asegurar que los controles y programas diseñados en el PMA se puedan ejecutar de manera efectiva y eficiente, se debe contar con una estructura organizativa con responsabilidades definidas para la gestión, ejecución y control del plan de manejo ambiental.

Esta estructura estará contemplada dentro de los organigramas de los contratistas de construcción y la interventoria contratada. Los contratistas de obra deberán contar con una unidad ambiental encargada de la ejecución del PMA, la cual estará a cargo de la ejecución de las obras, controles, medidas y programas ambientales, esta unidad será supervisada por el grupo ambiental de la interventoria y esta a su vez por la secretaria de infraestructura del municipio y la CRC.

##### **15.4.2 Comunicación e información**

Con el fin de alcanzar los objetivos propuestos es fundamental la comunicación, la cual puede ser interna o externa.

- ❖ Comunicación interna: los avances y requerimientos en la implementación del PMA, debe estar en constante comunicación entre los contratistas de obra, la interventoria y la secretaria de infraestructura del municipio. Además se debe dar información y capacitación a empleados sobre el estado y contenido del PMA.

- ❖ Comunicación externa: para lograr los planes propuestos se requiere de comunicación y cooperación con la CRC y la comunidad interesada en el medio afectado, por lo que debe ser una comunicación abierta a recibir las inquietudes y sugerencias de estas personas.

### **15.4.3 Control**

El control y verificación del cumplimiento en la implementación de los programas se llevara a cabo mediante un plan de monitoreo y seguimiento, se realizaran visitas por parte de la CRC, con el fin se supervisar e inspeccionar las medidas ambientales implementadas.

## **15.5 ESTRUCTURA DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

El plan de manejo ambiental dividido en programas de manejo para los componentes abiótico, biótico y socioeconómico y estos a su vez contienen las fichas de manejo ambiental presentadas en tablas, las cuales describen las respectivas medidas de prevención, control, mitigación, corrección y/o compensación que se deben implementar durante la construcción y operación de la planta de incineración para residuos hospitalarios y similares en la ciudad de Popayán.

A continuación se presenta el contenido de las fichas, el cual en el presente estudio se realiza con base en los términos de referencia para estudios de impacto ambiental propuesto por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en las cuales se debe precisar:

- ❖ Título del programa: corresponde a la asunto a tratar por áreas.
  - ❖ Código y título de la ficha de manejo ambiental: incluye un código de identificación para cada programa, seguido del número correspondiente a la ficha y el título de la medida a ejecutar.
1. Objetivos. Define y establece la finalidad de las medidas y actividades de manejo formuladas.
  2. Localización: se refiere al sitio o área donde se ejecutara la acción
  3. Población beneficiada. Comunidad que se ve involucrada de manera directa durante la ejecución del programa.
  4. Metas. Lo que se pretende lograr durante la ejecución del proyecto conforme a los objetivos planteados.
  5. Etapa: corresponde al tiempo de realización del la actividad, indica la fase del proyecto en la que se ejecutara la medida.
  6. Impactos a controlar. Define los impactos generados sobre el medio por las actividades del proyecto, considerando los elementos afectados.
  7. Tipo de medida recomendada, señala el carácter de la medida (prevención, litigación, corrección y compensación).
  8. Acciones a desarrollar. Define las acciones que se deben realizar con el fin de mitigar los efectos ambientales.

9. Personal requerido. Define el tipo de personal profesional, técnico y mano de obra no calificada para ejecutar las acciones propuestas.
10. Indicadores. Señala los indicadores de seguimiento y monitoreo que se utilizarán de acuerdo con la actividad propuesta
11. Responsable de la ejecución. Persona(s), encargadas de la ejecución de las medidas ambientales.
12. Costos. Presupuesto de los programas presentados en el PMA.

### 15.5.1 Medidas del PMA

Las medidas que componen cada uno de los programas del PMA, se han propuesto teniendo en cuenta las diferentes acciones del proyecto y los impactos generados por el mismo.

#### ❖ Programas y proyectos del PMA

A continuación se presentan los programas o actividades propuestas que se deben desarrollar en las diferentes etapas del proyecto para los componentes físicos, bióticos y socioculturales.

##### ○ Programa 1. Manejo y protección del suelo

Tabla 33. Manejo ambiental de materiales sobrantes

Programa 1. Manejo y protección del suelo	
MS 1	Manejo ambiental de materiales sobrantes
<b>1. Objetivos</b>	
Dar un manejo adecuado a los sitios de disposición final del material sobrante. Optimizar los procesos de manejo, transporte y disposición final del material sobrante.	
<b>2. Localización</b>	
Escombrera ubicada dentro de los predios del relleno sanitario "El Ojito" o el bloque de este relleno donde se este disponiendo los residuos que llegan al mismo.	
<b>3. Población beneficiada.</b>	
Personal que labora en el relleno y en el proyecto, transeúntes de la vía Popayán el Tambo.	
<b>4. Metas</b>	
Garantizar la recuperación paisajística y mantener la calidad del aire en la zona.	
<b>5. Etapa</b>	
Instalación	<input checked="" type="checkbox"/>
Operación	<input type="checkbox"/>
Abandono	<input type="checkbox"/>

<b>6. Impactos a controlar.</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la calidad del aire</li> <li>✓ Contaminación del suelo por residuos.</li> <li>✓ Perdida de la calidad paisajística</li> </ul>			
<b>7. Tipo de medida recomendada</b>			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
<b>8. acciones a desarrollar</b>			
<b>8.1 manejo de material de explanación y excavaciones</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Descargar los residuos en lo posible desde la retroexcavadora a la volqueta o vehiculo que lo transportara hasta el sitio de disposición final</li> <li>✓ Considerando que el proyecto se desarrolla dentro de los predios de un relleno sanitario, el material resultante de la explanación y excavación, puede ser utilizado como material para cubrir los residuos que llegan al relleno.</li> <li>✓ Evitar la sobrecarga en las volquetas o vehículos que transporten el material, con el fin de evitar derrame o pérdida de material.</li> </ul>			
<b>9. Personal requerido.</b>			
Personal del contratista Supervisor			
<b>10. Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Volumen en m<sup>3</sup> de material dispuesto</li> <li>✓ Área (m<sup>2</sup>) de zonas recuperadas por material reutilizado</li> <li>✓ Registros fotográficos</li> <li>✓ Área (m<sup>2</sup>) de zona intervenida</li> </ul>			
<b>11. Responsable de la ejecución y Seguimiento</b>			
<b>Ejecución</b>		<b>Seguimiento:</b>	
Secretaria de infraestructura	<input type="checkbox"/>	Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>
Interventoria	<input type="checkbox"/>	Interventoria	<input checked="" type="checkbox"/>
Contratista	<input checked="" type="checkbox"/>	Contratista	<input type="checkbox"/>
Comunidad	<input type="checkbox"/>	Comunidad	<input type="checkbox"/>
C.R.C	<input type="checkbox"/>	C.R.C	<input type="checkbox"/>
<b>12. Costos</b>			
Los costos de manejo ambiental del material sobrante esta considerado en los costos de las obras civiles.			

Fuente: El presente estudio 2009

Tabla 34. Manejo ambiental de materiales y equipos de construcción

Programa 1. Manejo y protección del suelo			
MS 2	Manejo ambiental de materiales y equipos de construcción		
1. Objetivos			
Establecer acciones que permita un manejo adecuado de los materiales de construcción en cuanto a obtención transporte y almacenamiento, y manejo en el sitio de la obra.			
2. Localización			
Área destinada para la ubicación del proyecto, relleno sanitario el ojito y los tres (3) kilómetros iniciales de la vía Popayán el Tambo.			
3. Población beneficiada.			
Personal que labora en el relleno y en el proyecto, transeúntes de la vía Popayán el Tambo.			
4. Metas			
Cumplir con las medidas estipuladas para el manejo de materiales para la construcción.			
5. Etapa			
Instalación	<input checked="" type="checkbox"/>		
Operación	<input type="checkbox"/>		
Abandono	<input type="checkbox"/>		
6. Impactos a controlar.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la calidad del aire por material particulado.</li> <li>✓ Contaminación del suelo por residuos.</li> <li>✓ Pérdida de la calidad paisajística</li> </ul>			
7. Tipo de medida recomendada			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
8. acciones a desarrollar			
8.1 Manejo de materiales granulados			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Este tipo de materiales no se deben almacenar sobre la vía de acceso al lugar, puesto que obstaculizan el paso y generan emisión de partículas.</li> <li>✓ El transporte de estos materiales debe realizarse en volquetas sin exceder su capacidad de carga con el fin de evitar pérdida del material.</li> </ul>			
8.2 manejo de concreto			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Debido a que las obras civiles a realizar dentro del proyecto son pocas, la mezcla de concreto se puede preparar en el sitio sobre una plataforma metálica o un geotextil que evite el contacto directo con el suelo, si esto sucede se debe limpiar de inmediato.</li> <li>✓ Evitar arrojar mezcla de concreto en zona las revitalizadas existentes dentro del relleno o en los cuerpos de agua.</li> <li>✓ Dotar al personal con elementos de protección para evitar el contacto</li> </ul>			

<p>directo con los materiales.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No realizar labores de limpieza de mezcladoras y demás equipos utilizados si no se tiene las estructuras y sistemas de tratamiento adecuados para realizar esta labor.</li> </ul> <p>8.3 Medidas para el manejo de tuberías, Eternit, varillas y demás materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Recoger los sobrantes de los materiales y darles una adecuada disposición.</li> <li>✓ Manipular con precaución los materiales utilizados en los acabados, evitando derrames en el suelo.</li> </ul>	
9. Personal requerido.	
Personal del contratista Supervisor	
10. Indicadores	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Registros fotográficos</li> <li>✓ Informes de interventoria</li> </ul>	
11. Responsable de la ejecución y Seguimiento	
Ejecución	Seguimiento
Secretaria de infraestructura <input type="checkbox"/>	Secretaria de infraestructura <input checked="" type="checkbox"/>
Interventoria <input type="checkbox"/>	Interventoria <input checked="" type="checkbox"/>
Contratista <input checked="" type="checkbox"/>	Contratista <input type="checkbox"/>
Comunidad <input type="checkbox"/>	Comunidad <input checked="" type="checkbox"/>
C.R.C <input type="checkbox"/>	C.R.C <input type="checkbox"/>
12. Costos	
Los costos de manejo ambiental del material sobrante esta considerado en los costos de las obras civiles.	

Fuente: El presente estudio 2009

○ **Programa 2. Manejo ambiental de los residuos sólidos**

Tabla 35. Manejo ambiental de Residuos sólidos, especiales y peligrosos

Programa 2. Manejo ambiental de los residuos sólidos	
MRS1	Manejo ambiental de residuos sólidos, especiales y peligrosos
1. Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Minimizar la contaminación del suelo por residuos peligrosos.</li> <li>✓ Implementar una manipulación y disposición final adecuada de los residuos peligrosos</li> </ul>	
2. Localización	
Área destinada para la ubicación del proyecto, relleno sanitario el "ojito", celda de seguridad para la disposición de cenizas.	
3. Población beneficiada.	

Personal que labora en el relleno y en el proyecto.			
<b>4. Metas</b>			
Realizar correctamente la manipulación y disposición final de cenizas			
<b>5. Etapa</b>			
Instalación	<input type="checkbox"/>		
Operación	<input checked="" type="checkbox"/>		
Abandono	<input type="checkbox"/>		
<b>6. Impactos a controlar.</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la calidad del aire por material particulado.</li> <li>✓ Contaminación del suelo por residuos.</li> <li>✓ Afectación en la salud de los trabajadores</li> </ul>			
<b>7. Tipo de medida recomendada</b>			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
<b>8. acciones a desarrollar</b>			
<b>8.1 manejo de cenizas resultantes del proceso de incineración.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dotar con los elementos de protección necesarios al personal encargado de realizar la remoción de las cenizas para que no tenga contacto directo con este residuo.</li> <li>✓ Capacitar al personal encargado de la manipulación de las cenizas, sobre la composición y los posibles efectos que estas pueden tener en la salud.</li> <li>✓ Evitar el derrame o escape por acción del viento de este material.</li> <li>✓ Contratar con una empresa autorizada por la autoridad ambiental competente; la recolección, transporte y disposición final de las cenizas.</li> <li>✓ Realizar la prueba TCLP con el fin de tener control sobre la toxicidad, corrosión e inflamabilidad del residuos.</li> <li>✓ Informar a la autoridad ambiental la cantidad de ceniza producida y los resultados del análisis de pérdida por ignición.</li> </ul>			
<b>9. Personal requerido.</b>			
Operarios de la planta Ingeniero de planta Profesional de la CRC			
<b>10. Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resultados de la prueba TCLP.</li> <li>✓ Concepto de la CRC</li> <li>✓ Cantidad de cenizas producido</li> </ul>			

11. Responsable de la ejecución y Seguimiento				
Ejecución			Seguimiento	
Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>		Secretaria de infraestructura	<input type="checkbox"/>
Interventoria	<input type="checkbox"/>		Interventoria	<input type="checkbox"/>
Contratista	<input type="checkbox"/>		Contratista	<input type="checkbox"/>
Comunidad	<input type="checkbox"/>		Comunidad	<input type="checkbox"/>
C.R.C	<input type="checkbox"/>		C.R.C	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Costos				
Los costos propuestos a continuación se han considerado para un año de operación.				
Tratamiento de cenizas				
Descripción	Unidad	cantidad	Valor unitario	Valor total
Prueba TCLP	Analisis	3	2.000.000	6.000.000
Disposición de cenizas	Kg	43800	500	21.900.000
<b>TOTAL</b>				<b>27.600.000</b>

Fuente: El presente estudio 2009

○ **Programa 3. Manejo del recurso hídrico.**

Tabla 36. Manejo ambiental de residuos líquidos

Programa 1. Manejo del recurso hídrico	
MH 1	Manejo ambiental de residuos líquidos
1. Objetivos	
Minimizar los impactos generados por la contaminación hídrica	
2. Localización	
Relleno sanitario "El Ojito", fuentes de aguas superficiales presentes en la zona de influencia directa,	
3. Población beneficiada.	
Personal que labora en el proyecto y comunidad aledaña a la zona.	
4. Metas	
Realizar el manejo adecuado de los residuos líquidos generados en el proceso de incineración.	
5. Etapa	
Instalación	<input type="checkbox"/>
Operación	<input checked="" type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>

Abandono			
<b>6. Impactos a controlar.</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la calidad del agua</li> <li>✓ Cambios en el uso del agua.</li> </ul>			
<b>7. Tipo de medida recomendada</b>			
Prevenición	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
<b>8. acciones a desarrollar</b>			
<b>8.1 manejo de residuos líquidos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Para las aguas residuales del mantenimiento y limpieza del cuarto frío, vehiculo recolector y pisos de la caseta; debido al contenido de desinfectantes y antibióticos no se puede realizar un tratamiento convencional, por lo que se propone almacenarlos y luego bombearlos al incinerador para que se les realice incineración.</li> <li>✓ En caso de presentarse derrame de los residuos líquidos hospitalarios se debe agregar aserrín y llevarse a incineración.</li> <li>✓ El agua utilizada en el intercambiador de calor se enfria por medio de una torre de enfriamiento y recircula por el sistema de enfriamiento de gases.</li> <li>✓ Las aguas residuales domesticas serán llevadas a la planta de tratamiento del relleno sanitario "El Ojito".</li> </ul>			
<b>9. Personal requerido.</b>			
Operarios de la planta Ingeniero de planta Ingeniero coordinador de la planta			
<b>10. Indicadores</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Caudal de aguas residuales.</li> </ul>			
<b>11. Responsable de la ejecución y Seguimiento</b>			
<b>Ejecución</b>	<b>Seguimiento:</b>		
Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>
Interventoria	<input type="checkbox"/>	Interventoria	<input type="checkbox"/>
Contratista	<input type="checkbox"/>	Contratista	<input type="checkbox"/>
Comunidad	<input type="checkbox"/>	Comunidad	<input type="checkbox"/>
C.R.C	<input type="checkbox"/>	C.R.C	<input checked="" type="checkbox"/>

12. Costos	
Los costos propuestos a continuación corresponde al sistema de tratamiento propuesto para el agua residual y el agua utilizada en el intercambiador de calor.	
Descripcion	Valor
Red de distribución	78.000
Tanque de almacenamiento de agua residual proveniente del lavado.	260.000
Bomba	6.000.000
Torre de enfriamiento	20.000.000
<b>Total</b>	<b>26.338.000</b>

Fuente: El presente estudio 2009

○ **Programa 4. Manejo del recurso aire.**

Tabla 37. Manejo ambiental de emisiones atmosféricas y ruido

Programa 1. Manejo del recurso aire	
MA 1	Manejo ambiental de emisiones atmosféricas y ruido (maquinaria, equipos, vehículos y almacenamiento de materiales)
<b>1. Objetivos</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer medidas para controlar y mitigar los impactos generados por el ruido causado por fuentes fijas y móviles.</li> <li>✓ Establecer medidas para controlar y mitigar la contaminación del aire por partículas y gases generados por fuentes fijas y móviles.</li> </ul>	
<b>2. Localización</b>	
Relleno sanitario "El Ojito" y los tres (3) kilómetros iniciales de la vía Popayán el Tambo.	
<b>3. Población beneficiada.</b>	
Personal que labora en el proyecto, transeúntes de este tramo de la vía y comunidad aledaña a la zona.	
<b>4. Metas</b>	
Mejorar la calidad del aire tanto en la etapa de instalación, como en la de operación del horno incinerador	
<b>5. Etapa</b>	
Instalación	<input checked="" type="checkbox"/>
Operación	<input checked="" type="checkbox"/>
Abandono	<input type="checkbox"/>
<b>6. Impactos a controlar.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cambios en la calidad aire por emisión de gases.</li> <li>✓ Cambios en la calidad del aire por emisión de material particulado</li> <li>✓ Contaminación sonora</li> <li>✓ Afectación en la salud de los trabajadores</li> </ul>	

7. Tipo de medida recomendada			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
8. acciones a desarrollar			
8.1 manejo ambiental de emisiones atmosféricas			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los sitios de preparación del concreto y de almacenamiento de materiales. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cubrir permanentemente el material granular almacenado con el fin de evitar la emisión de partículas.</li> <li>✓ Como la vía interna de acceso (dentro del relleno), no esta pavimentada en época de verano se debe humectar para evitar el levantamiento de polvo al paso de los vehículos.</li> <li>✓ Controlar por medio de señalización la velocidad de volquetas y demás vehículos en la vía interna, con el fin de evitar el aumento en la generación de partículas.</li> </ul> </li> <li>• En fuentes móviles. <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Los vehículos deben tener el tubo de escape a una altura minima de tres metros sobre el nivel del piso.</li> <li>✓ Los vehículos deberán contar con el análisis de gases vigentes, copia del análisis al contratista e interventor.</li> <li>✓ Efectuar mantenimiento y sincronización de los vehículos, de manera periódica para reducir emisión de gases.</li> <li>✓ El transporte de material se debe realizar de manera tal que se pueda este cubrir con el fin de evitar emisión de partículas por acción del viento.</li> </ul> </li> </ul>			
8.2 Manejo ambiental del ruido.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Controlar el uso de pitos y sirenas de los vehículos.</li> <li>✓ Dotar al personal expuesto a mayores niveles de ruido con el equipo de protección necesario como tapa oídos.</li> <li>✓ Realizar un monitoreo de ruido con el fin de verificar que tanto se está alterando este factor.</li> </ul>			
8.3 Manejo de gases producto de la incineración.			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Controlar la temperatura, turbulencia y tiempo en el proceso de incineración.</li> <li>✓ Realizar muestreos en la chimenea para los contaminantes establecidos en la norma (PST, CH<sub>4</sub>, HCl, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, dioxinas y furanos)</li> <li>✓ Realizar dosificación de cal con el fin de neutralizar los gases ácidos.</li> <li>✓ Filtro de carbón activado ayuda a retener dioxinas, fúranos y metales pesados.</li> <li>✓ Filtro de mangas, retiene el material particulado.</li> </ul>			
9. Personal requerido.			
Ingeniero ambiental Ingeniero coordinador de la planta de incineración Supervisor ambiental Supervisor de seguridad industrial			
10. Indicadores			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Resultados de los monitoreos de calidad de aire</li> <li>✓ Resultado de los niveles de ruido</li> <li>✓ Registros fotográficos</li> </ul>			

11. Responsable de la ejecución y Seguimiento			
Ejecución		Seguimiento:	
Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>
Interventoria	<input checked="" type="checkbox"/>	Interventoria	<input checked="" type="checkbox"/>
Contratista	<input checked="" type="checkbox"/>	Contratista	<input type="checkbox"/>
Comunidad	<input type="checkbox"/>	Comunidad	<input type="checkbox"/>
C.R.C	<input type="checkbox"/>	C.R.C	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Costos			
Las actividades propuestas en este programa economicamente estan incluidas en los presupuestos de la obra y operación del incinerador. Sin embargo se debe considerar los costos de los indicadores los cuales se relacionan a continuación para un año de operación.			
Costo analisis calidad de aire			
Descripcion	Cantidad anual	Costo unitario	Costo total
Muestreo de Chimenea	3	13.000.000	39.000.000
Filtro de mangas	1	2.000.000	2.000.000
Monitoreo de ruido	1	1.000.000	1.000.000
<b>Total</b>			<b>42.000.000</b>

Fuente: El presente estudio 2009

- **Programa 5. Programa de salud ocupacional y seguridad industrial.**

Tabla 38. Salud ocupacional y seguridad industrial

Programa 4. Programa de salud ocupacional y seguridad industrial	
MSS 1	Salud ocupacional y seguridad industrial
1. Objetivos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecer las acciones necesarias con el fin de minimizar factores de riesgo que puedan afectar a los trabajadores.</li> <li>✓ Asegurar el uso adecuado de equipos y maquinaria, tanto en la etapa de instalación como en el proceso de incineración.</li> <li>✓ Señalizar las diferentes áreas de la planta con el fin de advertir sobre las diferentes actividades a desarrollar y los cuidados a tener.</li> <li>✓ Capacitar a los operarios en el manejo de los equipos a manipular.</li> </ul>	
2. Localización	
Sitio de ubicación de la Planta de Incineración, Relleno sanitario "El Ojito"	
3. Población beneficiada.	
Personal que labora en las diferentes etapas del proyecto.	
4. Metas	

Garantizar mediante el cumplimiento de este programa, un ambiente de trabajo seguro y saludable para los trabajadores tanto a nivel personal como de manera colectiva.			
<b>5. Etapa</b>			
Instalación	<input checked="" type="checkbox"/>		
Operación	<input checked="" type="checkbox"/>		
Abandono	<input type="checkbox"/>		
<b>6. Impactos a controlar.</b>			
✓ Afectación en la salud de los trabajadores			
<b>7. Tipo de medida recomendada</b>			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Corrección	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
<b>8. acciones a desarrollar</b>			
8.1 Medicina preventiva y de trabajo			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Realizar exámenes médicos ocupacionales de ingreso, periódicos y de retiro para determinar las condiciones de salud de todos los trabajadores.</li> <li>✓ Programar jornadas de vacunación de acuerdo con los principales riesgos que se tengan.</li> </ul>			
8.2 Higiene industrial			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Elaborar el panorama de factores de riesgo, identificándolos en las diferentes áreas y actividades de trabajo con el fin de formular las medidas de protección y prevención según el grado de riesgo. Esto se debe hacer para cada fase del proyecto.</li> <li>✓ Suministrar a los trabajadores los elementos de protección personal necesarios para mitigar los riesgos presentes en la obra.</li> </ul>			
8.3 Seguridad industrial			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Presentar un reporte e investigación de accidentes, por norma el contratista deberá reportar a la ARP donde se encuentra afiliado los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales.</li> <li>✓ Investigar la causa de accidentes y enfermedades profesionales para aplicar medidas correctivas y preventivas necesarias.</li> <li>✓ A todo el personal que ingrese a trabajar debe ser notificado de los riesgos a los que estará expuesto durante su desempeño laboral.</li> </ul>			
8.3 Señalización			
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ En la etapa de construcción se debe realizar la señalización necesaria (señales de prevención, información, obligación y prohibición).</li> <li>✓ De la misma manera en la etapa de operación de la planta cada zona o área debe estar señalizada correctamente.</li> </ul>			
<b>9. Personal requerido.</b>			
Ingeniero ambiental			
Ingeniero coordinador de la planta de incineración			
Supervisor de seguridad industrial			

10. Indicadores			
✓	Índice de accidentalidad= al No. total de accidentes de trabajo en el mes * K / No. de Horas Hombre Trabajadas.		
✓	No. de enfermedades profesionales/No. de trabajadores en el mes		
✓	No. de personas afiliadas/No. de personas contratadas		
✓	Formatos diligenciados mensualmente: afiliaciones, registros de exámenes de ingreso, periódico y egreso, entrega de elementos de protección personal.		
11. Responsable de la ejecución y Seguimiento			
Ejecución		Seguimiento:	
Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>	Secretaria de infraestructura	<input checked="" type="checkbox"/>
Interventoria	<input type="checkbox"/>	Interventoria	<input checked="" type="checkbox"/>
Contratista	<input checked="" type="checkbox"/>	Contratista	<input type="checkbox"/>
Comunidad	<input type="checkbox"/>	Comunidad	<input type="checkbox"/>
C.R.C	<input type="checkbox"/>	C.R.C	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Costos			
Los costos hacen parte del presupuesto de la obra y operación del incinerador.			

Fuente: El presente estudio 2009

## 15.6 PLAN DE CONTINGENCIA

El Plan de Contingencia está diseñado para proporcionar una respuesta inmediata y eficaz a cualquier situación de emergencia, con el propósito de prevenir los impactos adversos a la salud humana y, al mismo tiempo, proteger la propiedad de la planta de incineración y el área de influencia directa. Con base en las características del proyecto el Plan de Contingencia evalúa principalmente los riesgos con el fin de determinar los requisitos de equipos, técnicas de control y entrenamiento. También establece un procedimiento de comunicación e información con las comunidades locales.

### 15.6.1 Objetivos

- Supervisar la seguridad física de todo el personal.
- Reducir las causas de emergencia durante la operación y mantenimiento de la planta de incineración.
- Evitar que el accidente inicial tenga como consecuencia una cadena de accidentes.
- Garantizar la seguridad del personal que labora en la planta de incineración

### 15.6.2 Medidas de contingencia por tipo de accidente.

Debido a las características de los equipos es poco probable que ocurra una emergencia durante la operación de la planta de incineración, sin embargo no se puede descartar la presencia de algún accidente por lo cual es necesario adoptar un plan de contingencia que permita guiar las acciones de manera coordinada con el fin de minimizar posibles daños.

➤ **Escape de gas**

Teniendo en cuenta que dentro de la planta se cuenta con un almacenamiento de combustible se debe considerar un posible escape de gas, considerando que este puede traer como consecuencia una cadena de accidentes por explosiones o incendios.

➤ **Medidas preventivas o de control.** Para reducir la ocurrencia de fuga de gas se deben considerar los siguientes aspectos:

- Inspeccionar las constantemente el tanque de almacenamiento y las redes.
- Si se llegara a presentar fugas en el tanque o en la red estas deberán ser reparadas de manera inmediata
- Capacitar al personal para participar y controlar cualquier caso de crisis.

➤ **Contingencia por incendio.**

El personal estará capacitado para responder ante una emergencia por incendio. El coordinador operativo deberá revisar periódicamente todos los extinguidores y asegurarse de que tengan el mantenimiento adecuado.

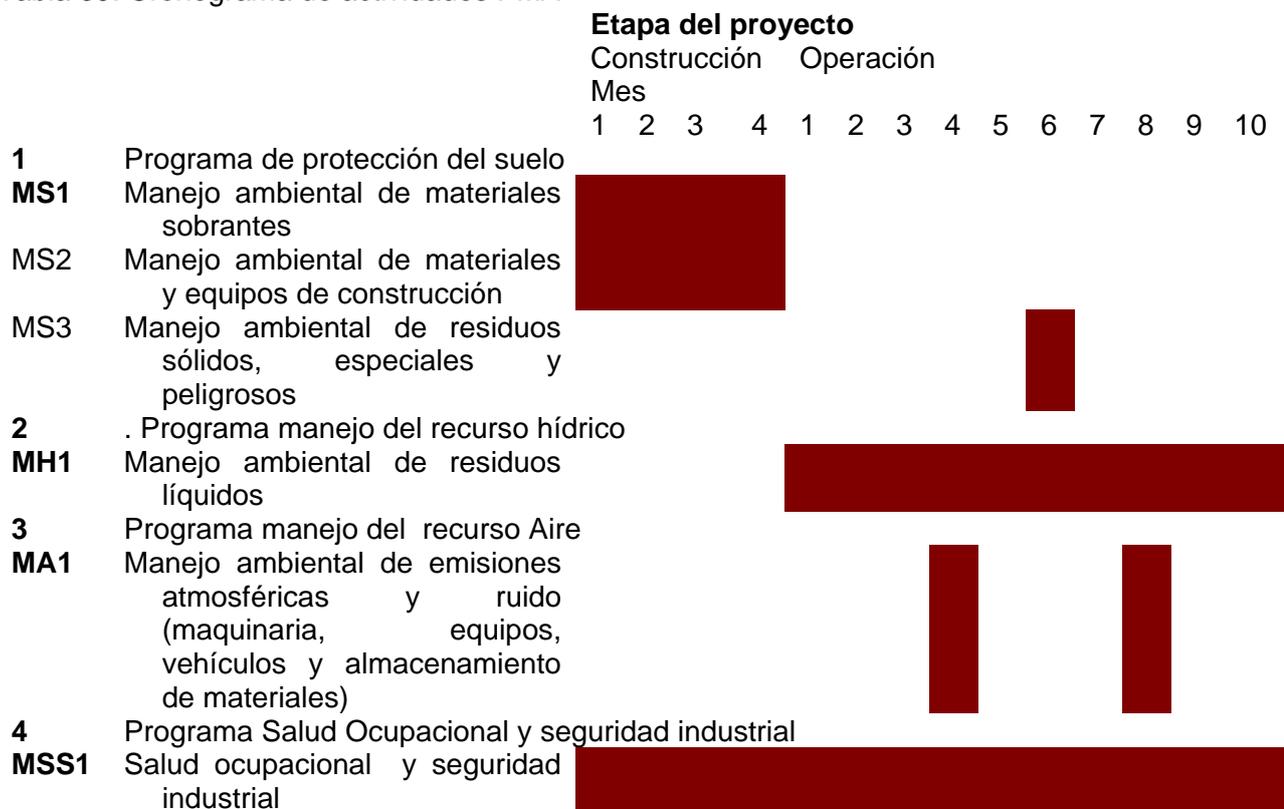
➤ **Medidas preventivas o de control.** Como medida de prevención de incendios, se seguirán los siguientes procedimientos:

- Dentro del área de riesgo estará prohibido fumar.
- Las redes eléctricas tendrán un cuidado especial para mantener un sistema eléctrico y de iluminación adecuado, prevenir los cortos circuitos o sobrecalentamiento de equipos eléctricos.
- Los trabajadores deberán ser periódicamente entrenados en el uso de extintores.

## 15.7 CRONOGRAMA

El tiempo de construcción de las obras es de cuatro (4) meses, durante los cuales se debe implementar las medidas propuestas en el PMA, como se describe en el siguiente cronograma. De la misma forma ocurre con el tiempo de operación, que se estima es de 15 años, a manera de ejemplo en el cronograma de toma el primer año de operación.

Tabla 39. Cronograma de actividades PMA



## **16. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **16.1 CONCLUSIONES**

- ❖ La incineración es una alternativa de tratamiento de residuos hospitalarios y similares, que comparada con otras técnicas de tratamiento se puede ver que presenta mayores ventajas en cuanto al grado de efectividad del tratamiento y eliminación de patógenos. Sin embargo es un método costoso en su instalación y operación.
- ❖ De acuerdo a las características locales y considerando la normatividad Colombiana se planteó el horno incinerador PREMAC IP 100, para el tratamiento de los residuos hospitalarios y similares, recolectados transportados y dispuestos por la ruta especial de aseo del municipio de Popayán.
- ❖ Los impactos ambientales identificados pueden minimizarse mediante la ejecución de los proyectos y actividades propuestas en el plan de manejo ambiental.
- ❖ La carga contaminante de los gases y cenizas generadas en la incineración, depende en un alto grado de la composición de los residuos y el funcionamiento del incinerador.

### **16.2 RECOMENDACIONES**

- ❖ Se recomienda verificar el contenido de los desechos entregados por el generador antes de realizar la incineración.
- ❖ Se recomienda la aplicación de los proyectos y actividades propuestas en el plan de manejo ambiental, en busca de minimizar y controlar los impactos generados tanto en la etapa de construcción como en la de operación.
- ❖ Es recomendable promover constantemente ante los empleados de la planta de incineración la importancia del manejo ambiental de los recursos y la buena operación de los equipos.

## BIBLIOGRAFIA

COLOMBIA, MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 2676 del 22 de Diciembre de 2000: por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares. Bogotá: Imprenta Nacional.

----- Resolución 0886 de Enero 21 de 2002 por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos. Bogotá: imprenta nacional.

----- Resolución 01164 de 2002 por la cual se adopta el manual de procedimientos para la gestión integral de residuos hospitalarios y similares. Bogotá: imprenta nacional.

ORREGO, A; AGUDELO, A; BLES, J; JAMES, M; VASQUEZ, E. Microzonificación sismo geotectónica de Popayán. Publicaciones especiales de Ingeominas. N 2. Santa Fe de Bogotá. 1992

MUNICIPIO DE POPAYAN. Alcaldía. Plan de ordenamiento territorial POT. 2006

RODOLFA, María Della. Aportes para un futuro libre de contaminantes. Proyecto internacional de eliminación de los COP. Argentina. Mayo de 2005. (Citado febrero de 2009). Disponible en Internet: <http://www.noharm.org/details.cfm?type=document&id=1217>

NARVAEZ TRONCOSO, Ian. Proyecto de asesoría técnica en incineradores de desechos hospitalarios. Quito (Ecuador). Red Panamericana de Manejo de Residuos (REPAMAR), 2006. (citada mayo de 2009). Disponible en Internet: <http://www.cepis.org.pe/cursoreas/e/fulltext/incinera.html>

MONTENEGRO, Raúl A. Informe sobre el impacto ambiental y sanitario de los hornos incineradores. Córdoba (Argentina). Fundación para la Defensa del Ambiente (FUNAM). Diciembre de 2002. (citada en mayo de 2009). Disponible en Internet: [http://www.noalaincineracion.org/uploadfiles/prohibir/inci\\_informe\\_2003.doc](http://www.noalaincineracion.org/uploadfiles/prohibir/inci_informe_2003.doc)

## **ANEXOS**

## **ANEXO A. Esquema de horno incinerador**

## **ANEXO B. Distribución de equipos**

## **ANEXO C. DIAGRAMA DE CARGAS**



## **ANEXO D. DOCUMENTACIÓN TÉCNICA**

**Proyecto:** HORNO INCINERADOR IP 110-0886 – 50 KG/HR

**Cliente:**

**Elaboró:** Rubén Jaramillo Domínguez

Acometida eléctrica:	<ul style="list-style-type: none"><li>* Línea trifásica <u>440</u> /3/60</li><li>* <b>10</b> KWatts ( para los equipos suministrados por PREMAC)</li><li>* Línea neutra</li><li>* Tierra física (0 a 2 ohmios medidos entre el neutro y la tierra)</li><li>* Entregar en el tablero del horno</li></ul>
Acometida de gas:	<p><b><u>2.500.000</u></b> Btu/h – Potencia instalada</p> <p><b><u>117</u></b> lb/hr (GLP) – Potencia instalada</p> <p><b><u>64</u></b> lb/hr (GLP) – Consumo promedio</p>
Agua	<p>Suministro de agua al intercambiador: <b>8</b> m<sup>3</sup>/hr Nota: Delta temperatura = 38°C <b>TRATAMIENTO DEL AGUA:</b> Se debe garantizar la calidad del agua para evitar corrosión del intercambiador condiciones (calidad) del agua:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Dureza: &lt;= 5 mg / lt de CO<sub>3</sub>Ca</li><li>• Aceites y grasas: &lt;= 1 mg / lt</li><li>• Oxígeno disuelto: &lt;= 0.2 mg / lt de O<sub>2</sub></li><li>• PH a 20°C: 8 a 9</li><li>• CO<sub>2</sub>: &lt;= 25 mg / lt en forma de CO<sub>3</sub>H</li><li>• Materias orgánicas: &lt;= 10 mg / lt de MnO<sub>4</sub>K</li></ul>
Aire comprimido	<b>9</b> CFM @ 100 psig para el sistema de limpieza de filtros y el dosificador de cal
Área requerida (largo x ancho )	10 x 5 metros
<b>CONSUMOS</b>	
Gas ( glp ) / kg incinerado	2,3 lb

Cal / kg incinerado	0,02 kg
---------------------	---------

SGS Colombia S.A. Servicios Industriales	Fecha: Abril 05 de 2005
REPORTE DE INSPECCION IS-012-2005	Revisión 00 Página 1 de 3



**SGS**

**CERTIFICADO INSPECCIÓN DE HORNO INCINERADOR IP 30 3C**  
**No IS-012-2005**

**1. INFORMACIÓN GENERAL:**

<b>FECHA DE INSPECCIÓN:</b>	Abril 05 de 2005
<b>INSPECTOR</b>	Ingeniero Ever Molina Falla
<b>LUGAR DE INSPECCIÓN</b>	Planta de PREMAC
<b>DIRECCIÓN</b>	Carrera 42 (Autopista sur) No. 24 - 52
<b>CIUDAD:</b>	Itagüí.
<b>PAÍS:</b>	Colombia
<b>CLIENTE:</b>	PREMAC S.A. Ing. Ruben Jaramillo
<b>TELÉFONO:</b>	57(4)- 372 18 44 Ext. 112

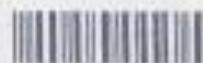
**2. ALCANCE Y OBJETIVO**

Inspección y certificación de las características de diseño para su operación de un horno de incineración, según los requerimientos del Artículo 8, numerales 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 de la Resolución 0886 del 27 de julio de 2004, emanada por el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial.

1. Inspección visual.
2. Verificación de las características y estado de cada uno de los componentes.
3. Verificación de la puesta en funcionamiento del horno de incineración, de acuerdo a los requerimientos exigidos en el Artículo 8 de la Resolución 0886.

ESTE CERTIFICADO ES VÁLIDO  
UNICAMENTE EN PAPEL DE SEGURIDAD

SGSPAPER  
00294432





### 3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

La verificación e inspección del horno de incineración IP 30 3C, se llevó a cabo el día 05 de abril de 2005.

Esta inspección se realizó en la Planta de PREMAC con el jefe de Línea de Incineradores y Secadores de Madera, Ingeniero Ruben Jaramillo, quien suministró la información necesaria del horno incinerador IP 30 3C a certificar.

Mediante la aplicación del artículo 8 de la Resolución 0886 de Julio de 2004 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, se realizaron las actividades de verificación de las características de diseño mencionadas en los numerales 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 según la lista de chequeo de SGS.

El horno incinerador IP 30 3C se puso en funcionamiento y se verificó las actividades de:

- Cargue y sistema de empuje neumático de los residuos.
- No se evidencia salida de humos o llama en la cámara de combustión.
- No se presenta contacto entre el operario y la cámara de combustión.
- Combustión e ignición de los residuos.
- Tiempo de residencia de los gases en la cámara de post-combustión.
- Registro escrito y automático de las temperaturas de operación.
- Suministro de aire graduable e independiente para la combustión de los residuos y para la combustión del combustible.
- Extracción mecánica de las cenizas.
- El incinerador está equipado con un quemador suplementario de emergencia.
- El incinerador está provisto de compuertas auxiliares de inspección.

Se realizó registro fotográfico de las componentes del Horno incinerador IP 30 3C, exigidos en la Resolución 0886 de los numerales 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8.





HORNO INCINERADOR PREMA	
REFERENCIA	IP 30 3C
CAPACIDAD	30 Libras/hora
NUMERO DE CAMARAS	3
CAMARA 1	Combustión
CAMARA 2	Post-combustión
CAMARA 3	Oxidación
RANGO DE TEMPERATURAS (°C)	
T1 Cámara de combustión	T1 mayor=750
T2 Cámara de Post-combustión	T2 mayor=1000
TIEMPO DE RESIDENCIA DE LOS GASES EN LA CAMARA 2	2.3 segundos
NUMERO DE QUEMADORES	5
TIPO DE QUEMADORES	Eclipse ThermJet - Alta velocidad
CAPACIDAD DEL QUEMADOR	44 a 1465 Kw
TEMPERATURA MAXIMA DEL QUEMADOR	1535°C
TIPO DE COMBUSTIBLE	Gas natural
PODER CALDRIFICO DEL RESIDUO O DESECHOS	2500 Kcal/Kg
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	Partlow MIC 1161

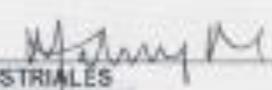
### CONCLUSIONES

- El Horno Incinerador IP 30 3C puesto en funcionamiento no presentó evidencia de emanación de humos o llamas externas que pongan en riesgo la seguridad e integridad del operario.

Por lo tanto el horno Incinerador IP 30 3C, **cumple** con los requerimientos de diseño para la operación, exigidos en la Resolución 0386 del Artículo 8 en los numerales 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 8 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

ANEXO REGISTROS FOTOGRAFICOS  
ANEXO LISTA DE CHEQUEO

FIRMADO POR:   
SERVICIOS INDUSTRIALES

FIRMADO POR:   
SERVICIOS INDUSTRIALES

ESTE CERTIFICADO ES VALIDO  
UNICAMENTE EN PAPEL DE SEGURIDAD

SGSPAPER  
00294434

