

# Propuesta técnico económica ambiental para montar horno incinerador de gas de RSH y peligrosos en departamento de Casanare

## Environmental economic technical proposal to assemble RSH gas incinerator furnace in Yopal Casanare

1. José Darío Alcázar Caballero

Recibido: 16-09-2025

Aprobado: 19-12-2025

### Resumen

El presente trabajo se realizó con fines académicos como proyecto de grado, se basa en el estudio económico técnico y ambiental para el montaje de un horno incinerador de residuos especiales en la zona de la Orinoquia colombiana; se desarrolló un estudio previo en la zona para determinar si existía alguna empresa o empresas que ejecutara este servicio, existen empresas de tratamiento y recolección de residuos especiales, pero ninguna que ejecutara el servicio de incineración. Al confirmar la existencia de empresas que prestan el servicio logístico de transporte para la incineración en otros departamentos, se decide empezar con el estudio para poder verificar si es posible crear un nuevo mercado y de paso la ejecución de una nueva industria, que genere empleo, prestando un servicio de alta calidad competitivo y en aras del beneficio de nuestro medio ambiente.

**Palabras clave:** residuos hospitalarios, residuos peligrosos, horno incinerador, viabilidad económica, gestión ambiental, Casanare.

### Abstract

This work, undertaken as a thesis project, is based on an economic, technical, and environmental study for the construction of a special waste incinerator in the Orinoquia region of Colombia. A preliminary study was conducted in the area to determine if any companies already provided this service. While companies exist for the treatment and collection of special waste, none offered incineration services. Upon confirming the existence of companies providing logistical transportation services for incineration in other departments, the decision was made to initiate this study to verify the feasibility of creating a new market and, consequently, establishing a new industry that would generate employment, provide a high-quality, competitive service, and benefit the environment.

**Keywords:** hospital waste, hazardous waste, incinerator furnace, economic feasibility, environmental management, Casanare.

Programa de Ingeniería Industrial. [Dato pendiente por completar] [Dato pendiente por completar] Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia

\*Autor de Correspondencia: [Dato pendiente por completar]

## Introducción

Los residuos sólidos hospitalarios (RSH) y especiales deben tener un seguimiento constante de almacenamiento, transporte y disposición final. Las prácticas utilizadas en el manejo de las mismas no son las adecuadas en esta zona del país; se producen grandes cantidades de estos residuos a pesar de que no tiene una densidad demográfica significativa; sin embargo, tenemos una alta influencia del sector hidrocarburos y la parte agrícola, estos dos son los grandes generadores de residuos; además debemos sumar hospitales, clínicas, centros de salud, hoteles, etc. (Ochoa et al., 2022).

Para la parte de hidrocarburos existe un mejor seguimiento en el tratamiento de los residuos; sin embargo, puede mejorarse con una planta local, pero la parte agrícola es un problema mayor ya que se generan por toneladas latas y recipientes vacíos de insecticidas, fungicidas, etc., muchas veces se abandonan las mismas en sabanas, orillas de canales de riego, ríos y otros. Los RSH duran más tiempo almacenados que lo establecido y este es un problema que puede generar en algún momento un problema mayor; el cuidado a nuestra salud y el ambiente debe ser prioridad y si existe la posibilidad de generar empleos y utilidades para la región debe aprovecharse, crear industria donde existe una necesidad con ética y profesionalismo es la razón de ser de un ingeniero industrial.

Corporinoquia es la entidad encargada de hacer seguimiento a estos residuos y es la encargada de dar permisos tanto para licencias ambientales como para instalación de plantas de incineración, entre otras. Es con esta entidad que empieza un estudio serio de nuestro proyecto; pues nos brinda datos históricos relacionados con la cantidad de residuos que se generan en la zona y a partir de ahí se realiza un estudio estadístico para calcular unos pronósticos a 10 años con el fin de poder calcular tipo de horno, capacidad del horno, cantidades que se puedan incinerar, valor del proyecto (estudio económico) y toma de decisiones, es decir, si el proyecto puede llegar a ejecutarse (Rodríguez et al., 2021; Navarro et al., 2021).

### ***La situación***

No existen actualmente hornos de incineración en la Orinoquía; es una necesidad latente que requiere una solución. Constantemente son acumulados diferentes tipos de residuos en la región, ocasionando problemas para la salud pública y el medio ambiente; a esto se le suma los problemas continuos de vías de acceso, el mal uso que se les da a muchos residuos debido al alto costo del manejo de los mismos (Ovalles & Tovar, 2022; Santiago, 2022).

Las distancias para tener el servicio de incineración son relativamente altas, esto hace que el transporte de los mismos sea muy costoso; debido a esto muchas empresas optan sencillamente por desaparecer los residuos, ya sea en la recolección convencional o simplemente abandonarlos en cualquier lugar (Rodríguez, 2019).

### ***Marco teórico***

La incineración ha sido objeto de críticas desde el punto de vista medioambiental debido a la formación de sustancias muy tóxicas, dioxinas y furanos, que junto a diferentes metales pesados pueden ser emitidos por estas instalaciones (Medina, 2022). Las disposiciones y normas legales que limitan las emisiones de las incineradoras son cada vez más estrictas, de modo que para conseguir su cumplimiento ha sido necesario desarrollar nuevas tecnologías para el sistema de combustión y para los sistemas de depuración de gases (Beltrán, 2021; Rojas et al., 2020).

### ***Residuos peligrosos***

Son aquellos residuos producidos por el generador con alguna de las siguientes características: infecciosos, combustibles, inflamables, explosivos, reactivos, radiactivos, volátiles, corrosivos y/o tóxicos; los cuales pueden causar daño a la salud humana y/o al medio ambiente (Días, 2019).

### ***Residuos infecciosos o de riesgo biológico***

Aquellos que contienen microorganismos patógenos tales como bacterias, parásitos, virus, hongos, virus oncogénicos y recombinantes como sus toxinas, con el suficiente grado de virulencia y concentración que pueda producir una enfermedad infecciosa en huéspedes susceptibles.

### ***Incineración***

Destrucción de los contaminantes orgánicos de un residuo por combustión en atmósfera oxidante a altas temperaturas. El resultado es la conversión del residuo en otro material de menor volumen y peligrosidad (cenizas) (Patiño, 2011).

### ***Estructura y partes del horno incinerador***

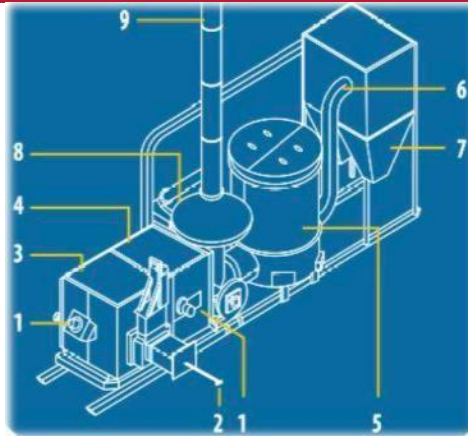


Figura 1. Estructura y partes del horno incinerador.

- Quemadores.
- Sistema de alimentación mecánica de accionamiento manual o mecánica.
- Cámara de combustión diseñada para la carga térmica apropiada.
- Cámara de postcombustión.
- Intercambiador de calor.
- Agente neutralizante de gases ácidos.
- Filtro de mangas (talegas).
- Adsorbente de dioxinas, furanos y metales pesados.
- Chimenea.

## Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se utilizaron estudios estadísticos, costos, pronósticos, sistemas de ruteo, ingeniería económica y logística, entre otros; después del desarrollo de los estudios mencionados conoceremos los siguientes datos:

- Históricos de volúmenes generados de RSH y peligrosos.
- Pronósticos a 10 años de volúmenes que se generarán.
- Costos montaje, instalación y puesta en marcha.
- Estudio económico.
- Estudio ruteo (sólo para la población que genera mayores cantidades de RSH y especiales).
- Viabilidad.

## Resultados y discusión

### *Pronóstico de volumen de residuos y costos de montaje*

A partir de los históricos de volúmenes generados de RSH y peligrosos se desarrollaron pronósticos a 10 años y se identificaron costos de montaje, instalación y puesta en marcha del horno incinerador.



PRESTACIONES SOCIALES Y APORTES	
ITEM	PORCENTAJE
ICBF SENA Y CAJA	9,00%
CESANTIAS	8,33%
PRIMAS	8,33%
VACACIONES	4,17%
SALUD	8,50%
PENSIONES	12,00%
RIESGOS	4,35%
DOTACION	0,50%
TRANSPORTE	1,00%
INTERESES A LAS CESANTIAS	1,00%
<b>TOTAL APORTES Y PRESTACIONES</b>	<b>57,18%</b>

### 4.1.4 Estudio económico

DATOS	
INDICADOR	VALOR
REVENIDO OPERACIONAL	100
RENTA	100
ANILVA CARGADO	40
INVESTIMIENTO FIJOS	40
INFLACION	7%
RENTA DE CAPITAL	10%

INVERSION DE INFLACION	
ITEM	VALOR
RENTA	100
ANILVA CARGADO	40
INVESTIMIENTO FIJOS	40
INFLACION	7%
RENTA DE CAPITAL	10%

INVERSION DE PRODUCCION	
ITEM	VALOR
RENTA	100
ANILVA CARGADO	40
INVESTIMIENTO FIJOS	40
INFLACION	7%
RENTA DE CAPITAL	10%

INVERSION DE PRODUCCION	
ITEM	VALOR
RENTA	100
ANILVA CARGADO	40
INVESTIMIENTO FIJOS	40
INFLACION	7%
RENTA DE CAPITAL	10%

Figura 4. Elementos iniciales del estudio económico.

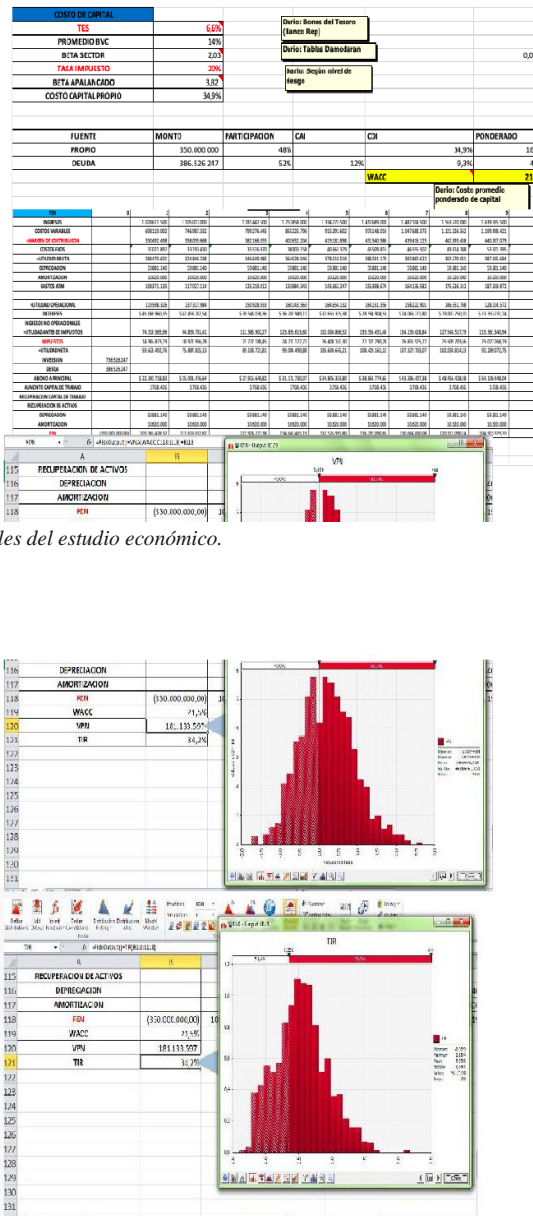


Figura 5. Simulaciones asociadas al estudio económico.

### Ruteo

Se realizó el estudio de ruteo para la población que genera mayores cantidades de RSH y especiales. Según el resultado del estudio es posible realizar la ejecución del montaje; se hicieron varios escenarios de pruebas por medio de la herramienta RISK, con 10 mil simulaciones aproximadamente, tomando dos variables fundamentales: el valor del tratamiento de los residuos por kilogramo, bajando el precio a un porcentaje menor del que se encuentra en el mercado, y la cantidad en toneladas. El resultado

del estudio dio un 60% de probabilidad aproximadamente para que el proyecto fuera funcional trabajando en escenarios realmente negativos.

### 4.1.5 Ruteo

	yopal	agacuz	tauramesa	villaveva	montemay	maní	támará	la salina	pac. de arapore	pore	osoué	trinidad	chimesa	hato corozal	munfía	san luis	receptor	sebana larga	sicama																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																			
yopal	0	40	212	71	65.5	150	148	100	104	86	81.9	102	91	288	124	52	50.5	74	72	236	181	118	112	113	86.4	129	138	69	58.5	103	102	90	64.3	159	146	219	195
agacuz		0	39.2	44	117	122	76	71.7	52	55.5	137	119	134	151	127	126	109	99.1	150	208	153	139	90	55.1	157	183	104	81	140	129	66	38	119	119	254	222	
tauramesa			0	78	73	40	29.4	94	95.5	177	157	174	189	166	157	146	137	289	246	182	177	114	90.1	197	197	143	115	179	167	93	73	81	70.3	293	260		
villaveva				0	47	45.3	168	177	250	238	446	171	239	139	221	218	362	327	165	258	196	172	276	279	216	206	153	249	113	54	46	42.6	366	342			
montemay					0	117	118	208	194	405	126	198	195	180	174	321	281	133	214	115	127	238	235	174	156	211	204	112	110	48	42.4	324	297				
maní						0	185	171	182	104	174	173	157	152	298	261	101	182	111	110	205	213	151	134	187	182	917	93	171	178	301	275					
támará							0	181	100	74	68	56	41.8	230	194	112	104	210	173	104	108	91	76.4	120	118	117	155	249	237	201	171						
la salina								0	215	133	231	153	428	328	188	210	415	305	189	947	290	205	293	217	312	388	452	369	83	25.1							
pac. de arapore									0	25	12	221	191	81	78.7	212	173	38	41.6	83	77.2	86	85.8	178	156	240	238	135	134								
pore										0	202	178	57	56.5	192	158	54	61.7	64	58.4	63	63.7	119	135	201	217	150	124									
osoué											0	167	118	319	161	251	237	206	165	154	108	346	344	368	315	348	299										
trinidad												0	219	182	111	118	110	96.3	14	10	245	175	267	257	208	181											
chimesa													0	240	212	189	134	225	182	13	11.1	109	109	339	275												
hato corozal														0	118	111	116	126	210	296	218	217	103	85.7													
munfía															0	127	120	115	117	215	199	210	180														
san luis																0	312	356	255	247	212	188															
receptor																	0	168	152	304	258																
sebana larga																		0	310	330																	
sicama																			0																		

CALCULO DE TIEMPO											
	ROTA 1	TIEMPO (MIN)	ROTA 2	TIEMPO (MIN)	ROTA 3	TIEMPO (MIN)	ROTA 4	TIEMPO (MIN)	ROTA 5	TIEMPO (MIN)	
YOPAL	TAURAMESA	77	YOPAL	MANI	86	YOPAL	PORE	74	YOPAL	SICAMA	113
YOPAL	VILLAVEVA	78	YOPAL	LA SALINA	75	YOPAL	OSOUÉ	64	YOPAL	TRINIDAD	118

Figura 6. Matriz de ruteo del proyecto.

CALCULO DE TIEMPO														
ROTA 1	TIEMPO (MIN)	ROTA 2	TIEMPO (MIN)	ROTA 3	TIEMPO (MIN)	ROTA 4	TIEMPO (MIN)	ROTA 5	TIEMPO (MIN)	ROTA 6	TIEMPO (MIN)	ROTA 7		
YOPAL	TALAVIENA	77	YOPAL	MAMI	86	YOPAL	POIRE	74	YOPAL	SACAMA	213	YOPAL	TERRADO	143
TALAVIENA	VILLALUEVA	78	MAMI	AGUIZUL	52	POIRE	HATOCOCOL	24	SACAMA	LA SILINA	83	TERRADO	SAN LUIS	14
VILLALUEVA	SABANALARGA	46	AGUIZUL	YOPAL	40	HATOCOCOL	PAZ DE ARRIBO	28	LA SILINA	YOPAL	208	SAN LUIS	CIQUE	154
SABANALARGA	MONTIEREY	48				PAZ DE ARRIBO	TAMABA	74				CIQUE	YOPAL	216
MONTIEREY	CHAMEZA	155				TAMABA	NUCHA	52						
CHAMEZA	RECTOR	33				MUNDAHA	YOPAL	69						
RECTOR	YOPAL	90												
TOTAL		527			178			401			800			592
TOTAL MINUTOS		2208												
RECORRIDO PROMEDIO		40 KM/H												
RECORRIDO POR GALON		40 KM												
CONSUMO 1 GALON EN MIN		60												
TOTAL MINUTOS		1208												
PRECIO APM		1324												
CONSUMO COMBUSTIBLE		36,8												
RECORRIDOS AL MES		2												
COSTO COMBUSTIBLE \$		605464												



Figura 7. Ubicación regional y rutas del proyecto.

## Conclusión

- Es posible generar una nueva fuente de empleo.
- Visiblemente es notable el mejoramiento de nuestro medio ambiente teniendo un horno en la región.
- Las empresas locales generadoras de residuos pueden tener un ahorro en el costo de la disposición final.
- Se obtendrá un mayor y mejor registro de los residuos producidos.
- Desarrollo económico para la región.

## Referencias

- Decreto 1609 de 2002.  
 Protocolo de requerimientos térmicos y normativos para hornos incineradores.  
 Plan de manejo de recolección, transporte, incineración y disposición final de los residuos hospitalarios, patológicos, industriales y especiales de la empresa Serviambiental S.A. E.S.P.  
 POT Departamento del Casanare.  
 Empresa de Acueducto Aseo Yopal.  
 Addfield. (s. f.). Categorías de máquinas médicas. <https://addfield.com/es/machine-categories/medicos/>  
 Eco, H. (s. f.). Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura.  
 Decreto 1162 de 2002.  
 Ochoa-Flórez, E. M., Suárez-Quiñones, Á. E., & Sierra-Ortíz, B. A. (2022). Desafíos y oportunidades de la economía circular en la industria alimenticia: evolución teórica hacia la sostenibilidad. *Mundo FESC*, 12(S3), 43–61. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1298>  
 Rodríguez-Fonseca, F., Castro-Silva, H. F., & Cordero-Díaz, M. C. (2021). Responsabilidad social corporativa: un análisis de caso en asociaciones del sector de restaurantes en Colombia. *Mundo FESC*, 11(S4), 261–277. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.968>  
 Navarro-Claro, G. T., Bayona-Soto, J. A., & Pacheco-Sánchez, C. A. (2021). Seguridad y salud en el trabajo en el sector de la construcción. *Mundo FESC*, 11(S5), 108–120. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1015>

- Ovalles-Pabón, L. C., & Tovar-Quiroz, A. D. (2022). Análisis prácticas asociadas a la sostenibilidad en la cadena de valor del turismo en Norte de Santander. *Mundo FESC*, 12(S1), 22–35. <https://doi.org/10.61799/2216-0388.1092>
- Beltrán-Moncada, N. A. (2021). Análisis de la contabilidad ambiental como herramienta de desarrollo sostenible en Colombia. *Reflexión Contable*, 4(2), 59–72. <https://doi.org/10.22463/26655543.3591>
- Rojas-Pérez, A. K., Capacho-Rodríguez, K. D., & Casadiego-Duque, Y. R. (2020). La prospectiva de la gerencia estratégica y la responsabilidad social empresarial de las empresas en Colombia. *Reflexión Contable*, 3(1), 95–109. <https://doi.org/10.22463/26655543.2898>
- Doria Alvarez, A., & Orozco Ospino, J. (2020). Evaluación de propiedades físico-químicas y mecánicas del adobe elaborado con cal para su uso en la construcción sostenible. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada (RCTA)*, 1(35), 89–94. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i35.47>
- Díaz-Garzón, M. (2019). Reportes medioambientales para las empresas y su desarrollo en la contabilidad. *Revista Investigación y Gestión*, 2(1), 48–61. <https://doi.org/10.22463/26651408.3741>
- Rodríguez Uparela, L. A. (2019). Gestión estratégica contable y financiera en Colombia. *Revista Investigación y Gestión*, 2(1), 32–47. <https://doi.org/10.22463/26651408.3748>
- Medina Gutiérrez, C. D. (2022). La importancia de la planeación tributaria para la gestión empresarial. *Revista Investigación y Gestión*, 5(1), 57–73. <https://doi.org/10.22463/26651408.3749>
- Santiago-Santiago, E. (2022). Apalancamiento financiero en tiempo de pandemia por COVID-19 como estrategia de sostenibilidad de las empresas en Colombia. *Revista Investigación y Gestión*, 5(1), 6–20. <https://doi.org/10.22463/26651408.3746>