

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

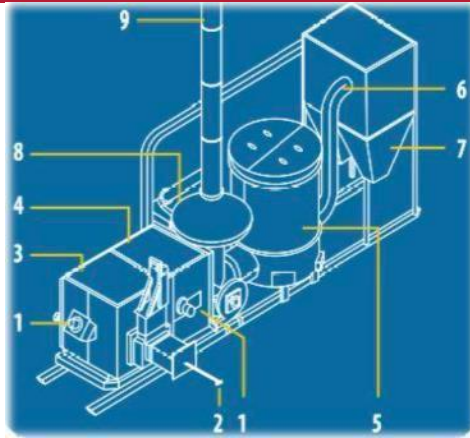


Figura 1. Estructura y partes del horno incinerador.

- 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% |
| TOTAL APORTES Y PRESTACIONES | 57,18% |

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% |

| 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.

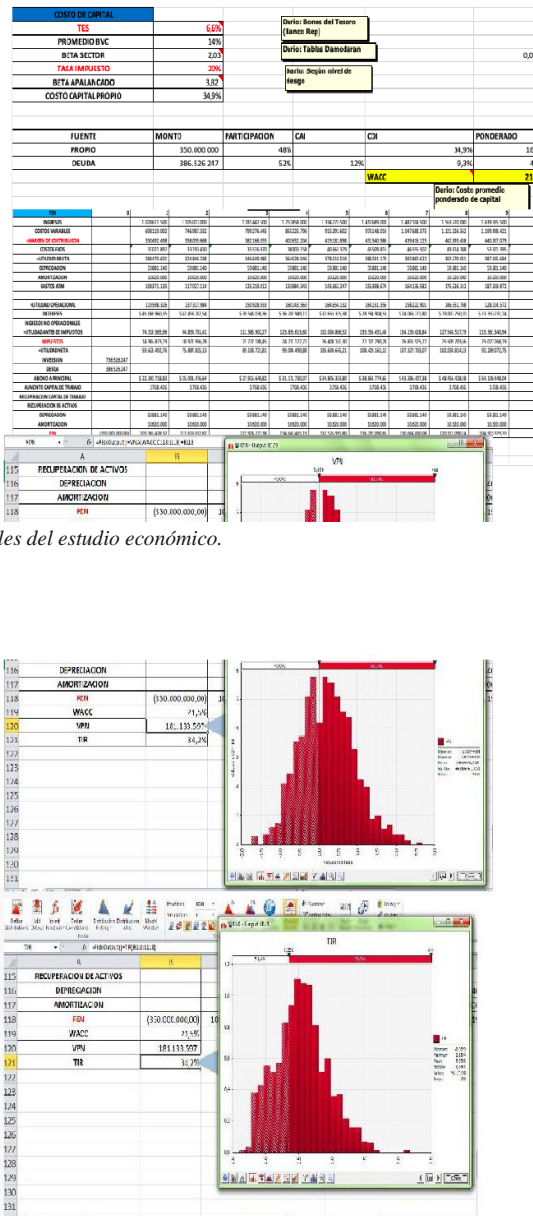


Figura 5. Simulaciones asociadas al estudio económico.

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 | tauramena | 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 | |
| tauramena | | | 0 | 78 | 73 | 40 | 29.4 | 94 | 95.5 | 177 | 157 | 174 | 189 | 166 | 157 | 146 | 137 | 289 | 246 | 152 | 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 | 152 | 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 | 108 | 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 | TAURAMENA | 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 | TIEMPO (MIN) | |
| YOPAL | TALAVIENA | 77 | YOPAL | MAMI | 86 | YOPAL | PORE | 74 | YOPAL | SACAMA | 223 | YOPAL | TENDIDO | 133 |
| TALAVIENA | VILLAVIEJA | 78 | MAMI | AGUIZUL | 52 | PORE | HATOCOCOL | 24 | SACAMA | LA SILINA | 83 | TENDIDO | SAN LUIS | 14 |
| VILLAVIEJA | SABANALARGA | 46 | AGUIZUL | YOPAL | 40 | HATOCOCOL | PAZ DE ARBORES | 28 | LA SILINA | YOPAL | 208 | SAN LUIS | CIQUE | 154 |
| SABANALARGA | MONTENEY | 48 | | | | PAZ DE ARBORES | TAMABA | 74 | | | | CIQUE | YOPAL | 226 |
| MONTENEY | CHAMEZA | 155 | | | | TAMABA | NUCHA | 52 | | | | | | |
| CHAMEZA | RECTOR | 33 | | | | MUNDA | 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 2208 | | | | | | | | | | | | | | |
| 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-Quinones, 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>