

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Facultad de Ingeniería



# **PLANTA DE DESTRUCCIÓN DE LA FRACCIÓN PLÁSTICA DE LA MERCADERÍA SECUESTRADA POR ADUANA**

Proyecto de Grado

Ingeniería Industrial

2020

Alumno:

Coronel María Eliana

Alumno: Coronel María Eliana



Profesor guía: Ing. Tovi, Carlos Daniel León



Tribunal Evaluador:

- Ing. Apas, Marcela Edith
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- Ing. Giubergia, Jorge Horacio
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
- Ing. Tolaba, Armando

Fecha de exposición del trabajo:

## **Agradecimientos**

A mis padres, que siempre me apoyan en todo, emocional y económicamente. Mi mamá, Eliana, que siempre me alentó (obligó) a estudiar, leer, aprender y ser feliz. A mi papa, Alberto, que supo acompañarme a la distancia.

A mis hermanos Joaquín y Daniela.

A Elvira y Victoria.

Al resto de mi familia, especialmente al Ing. Daniel Tovi, mi tío, por ser mi guía de tesis y ayudarme con cada duda.

A mis amigos y compañeros que siempre estuvieron en todo momento.

A los profesores, directivos y administrativos de la facultad de Ingeniería.

## Índice

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Índice de Tablas .....</b>                                                                                             | <b>6</b>  |
| <b>Índice de Figuras .....</b>                                                                                            | <b>8</b>  |
| <b>Índice de Anexos .....</b>                                                                                             | <b>12</b> |
| <b>Abstract .....</b>                                                                                                     | <b>13</b> |
| <b>Introducción .....</b>                                                                                                 | <b>14</b> |
| <b>Misión.....</b>                                                                                                        | <b>15</b> |
| <b>Visión.....</b>                                                                                                        | <b>15</b> |
| <b>Objetivo general .....</b>                                                                                             | <b>15</b> |
| <b>Objetivos específicos .....</b>                                                                                        | <b>15</b> |
| <b>Justificación del proyecto .....</b>                                                                                   | <b>16</b> |
| <b>Análisis FODA.....</b>                                                                                                 | <b>20</b> |
| <b>Análisis PESTEL.....</b>                                                                                               | <b>21</b> |
| <b>Definición de servicio.....</b>                                                                                        | <b>25</b> |
| <b>Ventajas competitivas de servicio.....</b>                                                                             | <b>26</b> |
| <b>Conclusiones .....</b>                                                                                                 | <b>26</b> |
| <b>Estudio de mercado .....</b>                                                                                           | <b>28</b> |
| <b>Proveedores de materia prima.....</b>                                                                                  | <b>28</b> |
| <b>Cientes, Segmento. Tendencia a nivel provincial, nacional y global y estimación de la<br/>    demanda actual. ....</b> | <b>29</b> |
| <b>Competencia .....</b>                                                                                                  | <b>31</b> |
| <b>Competidores en servicio de destrucción de mercadería .....</b>                                                        | <b>31</b> |
| <b>Competidores en el sector de combustible .....</b>                                                                     | <b>32</b> |
| <b>Uso del producto y servicio .....</b>                                                                                  | <b>37</b> |
| <b>Usos en cuanto al servicio de destrucción .....</b>                                                                    | <b>37</b> |
| <b>Aplicaciones del fueloil.....</b>                                                                                      | <b>37</b> |
| <b>Estimación del tamaño del mercado .....</b>                                                                            | <b>39</b> |
| <b>Tamaño de planta .....</b>                                                                                             | <b>41</b> |
| <b>Conclusiones .....</b>                                                                                                 | <b>42</b> |
| <b>Estudio Técnico.....</b>                                                                                               | <b>43</b> |

|                                                                                     |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Fundamento de la pirólisis de plásticos .....</b>                                | <b>43</b>                            |
| <b>Descripción del proceso. ....</b>                                                | <b>43</b>                            |
| <b>Dimensionamiento y selección de equipamiento .....</b>                           | <b>44</b>                            |
| <b>Selección de mecanismo de trituración de plástico .....</b>                      | <b>44</b>                            |
| <b>Dimensionamiento de tanques de almacenamiento.....</b>                           | <b>45</b>                            |
| <b>Dimensionamiento del horno de lecho fluidizado para el craqueo térmico. ....</b> | <b>51</b>                            |
| <b>Balance de Materia.....</b>                                                      | <b>53</b>                            |
| <b>Selección de condensadores. ....</b>                                             | <b>56</b>                            |
| <b>Selección de separador flash.....</b>                                            | <b>58</b>                            |
| <b>Servicios auxiliares.....</b>                                                    | <b>59</b>                            |
| <b>Diagrama de flujo del proceso de pirólisis. ....</b>                             | <b>60</b>                            |
| <b>Lay Out.....</b>                                                                 | <b>61</b>                            |
| <b>Estudio legal y organizacional .....</b>                                         | <b>64</b>                            |
| <b>Licitacion.....</b>                                                              | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>Estudio ambiental y de seguridad. ....</b>                                       | <b>69</b>                            |
| <b>Emanaciones ambientales .....</b>                                                | <b>69</b>                            |
| <b>Seguridad en tuberías de alta temperatura: .....</b>                             | <b>70</b>                            |
| <b>Valoración de los impactos ambientales.....</b>                                  | <b>77</b>                            |
| <b>Estudio Económico Financiero.....</b>                                            | <b>81</b>                            |
| <b>Inversiones del proyecto. ....</b>                                               | <b>81</b>                            |
| <b>Gastos de salarios:.....</b>                                                     | <b>82</b>                            |
| <b>Amortizaciones.....</b>                                                          | <b>88</b>                            |
| <b>Flujo de caja .....</b>                                                          | <b>89</b>                            |
| <b>Análisis de sensibilidad.....</b>                                                | <b>90</b>                            |
| <b>Conclusiones .....</b>                                                           | <b>93</b>                            |
| <b>Conclusiones.....</b>                                                            | <b>94</b>                            |
| <b>Bibliografía.....</b>                                                            | <b>96</b>                            |

## Índice de Tablas

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Detalle del movimiento de mercaderías correspondiente de enero a julio del 2019. ....                           | 17 |
| Tabla 2. Análisis FODA. ....                                                                                             | 20 |
| Tabla 3 Indicadores de crecimiento (Fondo Monetario Internacional, 2018) .....                                           | 22 |
| Tabla 4. Análisis PESTEL. ....                                                                                           | 25 |
| Tabla 5. Destrucciones pendientes por periodos anuales. ....                                                             | 29 |
| Tabla 6. Distribución de refinerías por localidad y empresa para el año 2014 ( Ignacio Andreotti , 2020). ....           | 32 |
| Tabla 7. Importaciones y exportaciones de Fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). ....          | 35 |
| Tabla 8. Cantidad total de fueloil producida a nivel local (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). .... | 36 |
| Tabla 9. Cantidad total de fueloil producida a nivel local (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). .... | 39 |
| Tabla 10. Balance de material de los compuestos principales que se involucran en el proceso. ..                          | 54 |
| Tabla 11. Balance de material anual de los compuestos principales, que se involucran en el proceso. ....                 | 54 |
| Tabla 12. Stocks de producto y materia prima anual. ....                                                                 | 56 |
| Tabla 13. Distribución de salarios por cargo. ....                                                                       | 65 |
| Tabla 14. Límites permitidos de emanaciones de gases contaminantes según el decreto 3395/1995. ....                      | 69 |
| Tabla 15. Clasificación de impactos. ....                                                                                | 78 |
| Tabla 16. Valoración de impactos. ....                                                                                   | 78 |
| Tabla 17. Inversión de equipamiento, los costos incluyen los gastos de instalación. ....                                 | 81 |
| Tabla 18. Inversión total estimada en la planta de pirólisis. ....                                                       | 82 |
| Tabla 19. Gastos fijos. ....                                                                                             | 84 |
| Tabla 20. Gastos variables. ....                                                                                         | 84 |
| Tabla 21. Gastos por servicio de destrucción. ....                                                                       | 86 |
| Tabla 22. Pago de amortizaciones anuales. ....                                                                           | 88 |
| Tabla 23 Flujo de caja .....                                                                                             | 89 |

|                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 24 Capital de trabajo.....                                              | 89  |
| Tabla 25 VAN y TIR del proyecto .....                                         | 91  |
| Tabla 26 Variacion del VAN con disitintas tasas de corte .....                | 92  |
| Tabla 28. Distribución de rubros destruidos en el año 2019. ....              | 103 |
| Continuación: Tabla 29. Distribución de rubros destruidos en el año 2019..... | 104 |
| Continuación: Tabla 30. Distribución de rubros destruidos en el año 2019..... | 105 |

## Índice de Figuras

|                                                                                                                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Detalles de las destrucciones ejecutadas por cada zona de enero a julio de 2020 (Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste). ..... | 18 |
| Figura 2. Estadísticas de mercadería destruida de enero a julio de 2020 (Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste). .....                   | 19 |
| Figura 3. Extrapolación de destrucciones, según el periodo anual (Elaboración propia). .....                                                                                                          | 30 |
| Figura 4. Distribución de oleoductos y refinerías (Rios, 2011). .....                                                                                                                                 | 33 |
| Figura 5. Distribución de ventas de fueloil por empresas (Rios, 2011). .....                                                                                                                          | 34 |
| Figura 6. Importaciones y exportaciones de Fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). .....                                                                                     | 34 |
| Figura 7. Producción nacional de fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). .....                                                                                               | 36 |
| Figura 8. Consumo de combustibles fósiles para generación eléctrica en los meses de agosto de 2019 y 2020 (Comision Nacional de Energía Atómica, 2020). .....                                         | 38 |
| Figura 9. Relación entre los distintos tipos de combustibles fósiles para generación eléctrica en los meses de agosto de 2019 y 2020 (Comision Nacional de Energía Atómica, 2020). .....              | 38 |
| Figura 10. Ventas registradas de fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020). .....                                                                                               | 39 |
| Figura 11. Detalles de las destrucciones pendientes por ejecución por cada región enero-julio 2019. ....                                                                                              | 40 |
| Figura 12. Máquina trituradora de plásticos. (Alibaba, 2020). .....                                                                                                                                   | 44 |
| Figura 13. Criterios de dimensionamientos de tanques. (Alibaba, 2020). .....                                                                                                                          | 46 |
| Figura 14. Dimensiones de tanques contenedores expresadas en mm. Fuente: Propia. ....                                                                                                                 | 49 |
| Figura 15. Descripción del funcionamiento del horno de pirólisis (Blanco Leal, 2014). .....                                                                                                           | 51 |
| Figura 16. Distribución de rendimientos del proceso de pirólisis (Blanco Leal, 2014). .....                                                                                                           | 52 |
| Figura 17. Esquema de balance de materia para la planta de pirólisis. ....                                                                                                                            | 53 |
| Figura 18. Imagen del horno de pirólisis de plástico (Caltec, 2020). .....                                                                                                                            | 55 |
| Figura 19. Imagen del condensador seleccionado, (Moskar, 2020). .....                                                                                                                                 | 58 |
| Figura 20. Esquema de un proceso de separación flash. (Fuente propia). ....                                                                                                                           | 59 |
| Figura 21. Enfriador. (IFACA, 2020). .....                                                                                                                                                            | 59 |

|                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 22. Lay out (Fuente propia).....                                           | 63  |
| Figura 23. Organigrama de la empresa (Fuente propia).....                         | 66  |
| Figura 24. Esquema de un proceso de separación flash. (Fuente propia). ....       | 70  |
| Figura 25. Pérdidas térmicas en tubería en función del radio del aislante. ....   | 71  |
| Figura 26. Algoritmo de cálculo para pérdidas térmicas en tuberías. ....          | 72  |
| Figura 27. Evolución del precio del fueloil en el tiempo. (indexmundi, 2020)..... | 85  |
| Figura 28. Diagrama de punto de equilibrio.....                                   | 87  |
| Figura 29. Ficha técnica trituradora (Alibaba, 2020) .....                        | 106 |
| Figura 30. Ficha Horno Pirolítico (CALTEC, 2020).....                             | 107 |
| Figura 31. Ficha técnica Condensadores (MOSKAR,2020) .....                        | 108 |
| Figura 32. Ficha técnica Enfriador (IFACA, 2020).....                             | 109 |

## Índice de Ecuaciones

|                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------|----|
| Ecuación 1. Caudal volumétrico.....                           | 45 |
| Ecuación 2. Volumen del tanque.....                           | 45 |
| Ecuación 3. Volumen total del tanque.....                     | 46 |
| Ecuación 4. Volumen total de sólidos. ....                    | 46 |
| Ecuación 5. Volumen de cilindro. ....                         | 47 |
| Ecuación 6. Volumen de cono.....                              | 47 |
| Ecuación 7. Volumen de cabeza.....                            | 47 |
| Ecuación 8. Volumen total del cilindro. ....                  | 47 |
| Ecuación 9. Cálculo del volumen del cono. ....                | 47 |
| Ecuación 10. Cálculo del volumen de la cabeza. ....           | 47 |
| Ecuación 11. Radio del cilindro. ....                         | 48 |
| Ecuación 12. Diámetro del cilindro.....                       | 48 |
| Ecuación 13. Altura del cilindro.....                         | 48 |
| Ecuación 14. Altura del cono. ....                            | 49 |
| Ecuación 15. Altura de la cabeza del cono.....                | 49 |
| Ecuación 16. Peso del tanque. ....                            | 49 |
| Ecuación 17. Estimación de costo del tanque.....              | 50 |
| Ecuación 18. Valor futuro. ....                               | 50 |
| Ecuación 19. Costo total del tanque. ....                     | 50 |
| Ecuación 20. Volumen del lecho.....                           | 52 |
| Ecuación 21. Altura del lecho.....                            | 53 |
| Ecuación 22. Altura real del tanque.....                      | 53 |
| Ecuación 23. Balance de fueloil. ....                         | 54 |
| Ecuación 24. Balance de carbonilla.....                       | 54 |
| Ecuación 25. Balance de gases. ....                           | 54 |
| Ecuación 26. Capacidad Calorífica. ....                       | 56 |
| Ecuación 27. Temperatura media. ....                          | 56 |
| Ecuación 28. Capacidad calorífica en función de la masa. .... | 57 |
| Ecuación 29. Calor. ....                                      | 57 |
| Ecuación 30. Total, de gastos por salarios.....               | 82 |

|                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------|-----|
| Ecuación 31. Cálculo total de gastos en USD. ....                | 83  |
| Ecuación 32. Cálculo de gastos por mantenimiento. ....           | 83  |
| Ecuación 33. Cálculo del gasto mensual de energía. ....          | 83  |
| Ecuación 34. Cálculo del gasto anual de energía. ....            | 83  |
| Ecuación 35. Ingresos anuales. ....                              | 85  |
| Ecuación 36. Punto de equilibrio. ....                           | 86  |
| Ecuación 37. Costo variable de fabricación. ....                 | 86  |
| Ecuación 38. Cálculo de amortización. ....                       | 88  |
| Ecuación 39. Tasa Interna de Retorno. ....                       | 90  |
| Ecuación 41. Sección transversal interna de la tubería. ....     | 112 |
| Ecuación 42. Velocidad del líquido en la tubería. ....           | 112 |
| Ecuación 43. Numero de Reynold' s. ....                          | 112 |
| Ecuación 44. Numero de Prandtl. ....                             | 112 |
| Ecuación 45. Numero de Nusselt ....                              | 112 |
| Ecuación 46. Coeficiente de transferencia de calor interno. .... | 112 |
| Ecuación 47. Numero de Grashoff. ....                            | 113 |
| Ecuación 48. Coeficiente de corrección. ....                     | 113 |
| Ecuación 49. Numero de Prandtl. ....                             | 113 |
| Ecuación 50. Numero de Nusselt. ....                             | 113 |
| Ecuación 51. Coeficiente de transferencia de calor externo. .... | 113 |
| Ecuación 52. Área interna longitudinal de la tubería. ....       | 113 |
| Ecuación 53. Área externa longitudinal de la tubería. ....       | 114 |
| Ecuación 54. Pérdida de energía. ....                            | 114 |
| Ecuación 55. Flujo masico de líquido. ....                       | 114 |
| Ecuación 56. Temperatura del líquido en el tanque. ....          | 114 |
| Ecuación 57. Rectificación de temperatura de superficie. ....    | 114 |
| Ecuación 58. Factor de fricción. ....                            | 114 |
| Ecuación 59. Pérdida de carga en la tubería. ....                | 115 |

## Índice de Anexos

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Anexo 1. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2017.....                                      | 98  |
| Anexo 2. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2018.....                                      | 101 |
| Anexo 3. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2019.....                                      | 103 |
| Anexo 4. Fichas Técnicas Equipamientos.....                                                                  | 106 |
| Anexo 5. Algoritmo para la elaboración del equilibrio liquido-vapor. ....                                    | 110 |
| Anexo 6. Algoritmo para determinar la caída de presión.....                                                  | 111 |
| Anexo 7. Ejemplo de cálculo del algoritmo para determinar la caída de presión. ....                          | 112 |
| Anexo 8. Decreto de Subsidio Tarifa Social Provincial.....                                                   | 116 |
| Anexo 9. Código en Matlab para estimar la cantidad de aislante requerido en las tuberías del<br>proceso..... | 117 |

### **Abstract**

El presente proyecto plantea una alternativa de servicio para el sector aduanero del noroeste argentino, donde la cantidad de mercadería abandonada aumenta con el pasar del tiempo, observándose una problemática para el descarte y procesamiento de estos objetos. Por lo tanto, se busca estudiar la factibilidad de una planta de procesamiento con hornos industriales. En este sentido, al realizar el estudio de mercado se determinó que la ubicación más adecuada para la planta es la región es Jujuy, debido a que posee el mayor porcentaje de destrucción de residuos pendientes por ejecución. La capacidad de procesamiento de la planta se estableció para una carga de 500 m<sup>3</sup> anuales de mercadería, la cual ofrecerá como producto secundario el combustible fueloil. Finalmente, el estudio económico realizado indicó la factibilidad y rentabilidad del proyecto.

## **Introducción**

La acumulación de mercadería abandonada en la aduana de la zona noroeste de Argentina ha presentado un aumento considerable, por lo cual, los métodos habituales para su disposición final se encuentran colapsados. Aunado a esto, la región noroeste solo cuenta con una planta de destrucción de residuos abandonados, cuyo proceso empleado para el procesamiento es poco eficiente para manejar la demanda del servicio, lo que genera que el volumen de los residuos esté en constante crecimiento. Las tecnologías utilizadas actualmente en la región para la disposición final de los residuos son el relleno sanitario y la incineración.

La acumulación de la mercadería abandona ocupa gran parte del espacio de los galpones de la aduana generando un incremento de los gastos. Por esto, el presente proyecto propone implementar una planta de pirólisis que emplee hornos industriales para el procesamiento mercadería, en conjunto se propone la producción de fueloil como un producto secundario. La materia prima del proceso estará constituida por los residuos plásticos, principalmente por tereftalato de polietileno (PET) y policloruro de vinilo (PVC), que se encuentren acumulados en la aduana. Durante el procesamiento de estos materiales, las moléculas se rompen formando compuestos de bajo contenido molecular convirtiendo la materia prima sólida en líquidos y gases.

El objetivo principal de este proyecto es ofrecer una alternativa de servicio de destrucción de residuos para el sector aduanero que, a su vez, otorgue un producto de interés comercial como es el fueloil. El fueloil producido por la planta de pirólisis será libre de azufre, lo que hace a esta alternativa tecnología amigable con el ambiente.

Actualmente en el país la producción de fueloil a través del proceso de pirólisis es limitada, por esta razón el producto se comercializará a nivel nacional y su posterior exportación. Es importante destacar que las principales aplicaciones del fueloil se centran en su uso como combustible en generadores de electricidad, aunque también existen empresas que lo emplean en calderas y hornos.

### **Misión**

Procesar materiales plásticos aduaneros, dándole un uso más provechoso con la generación de combustible de alta calidad mediante la implementación de tecnologías de vanguardia que garanticen el bienestar y la satisfacción de nuestros clientes, todo ello impulsando el crecimiento y desarrollo de la región para asegurar el máximo impacto.

### **Visión**

Ser una empresa reconocida a nivel nacional, líder en innovación gracias a la implementación de nuevas tecnologías, asegurando la calidad de nuestros servicios mediante el talento de nuestros trabajadores y el compromiso con el desarrollo y bienestar de la región, a través de un alto valor agregado.

### **Objetivo general**

Diseñar y evaluar la rentabilidad económica de una planta de pirólisis con hornos industriales para la destrucción de la fracción plástica de la mercadería acumulada en las aduanas de la zona noroeste de Argentina, con la consecuente producción de fueloil.

### **Objetivos específicos**

- Realizar un estudio de mercado entorno al fueloil como recurso energético.
- Analizar las necesidades de las aduanas con relación a la mercadería acumulada.
- Definir un proceso de producción óptimo.
- Evaluar el impacto ambiental del proceso.
- Realizar un estudio económico y financiero para evaluar la factibilidad del proyecto.

### **Justificación del proyecto**

Actualmente el servicio aduanero de la zona noroeste, el cual comprende las sucursales de La Quiaca, Jujuy, Tinogasta, Santiago del Estero, Tucumán, Orán, Pocitos y Salta, presenta una severa problemática en cuanto al crecimiento de mercadería abandonada en los distintos almacenes de la aduana. Generalmente, esta mercadería es enviada a la planta de destrucción y tratamiento de residuos, no obstante, la región noroeste solo cuenta con una planta de destrucción de residuos abandonados, la cual no tiene suficiente capacidad para procesar la creciente demanda del servicio de destrucción de residuos.

La planta propuesta en el presente trabajo tiene como propósito lograr procesar alrededor de 500 toneladas métricas de plásticos, lo que significaría cubrir alrededor del 30% de los requerimientos de destrucción de residuos abandonados en la aduana, los cuales actualmente no pueden ser procesados en su totalidad por la empresa que presta el servicio en la zona.

A continuación, se presenta en detalle las aduanas que cuentan con mayor demanda del servicio de destrucción de mercadería abandonada y cuáles son las métricas de destrucción semestral de cada una de estas.

UCASAL- Fac. de Ing. e Informática  
 Planta de destrucción de la fracción plástica de la mercadería secuestrada por aduana

| ADUANA              | DEPOSITO     | STOCK INICIAL AL 01/01/2020 | INGRESOS | EGRESOS              |             |        |             |               | STOCK FINAL                                |                                       |            |                                   |
|---------------------|--------------|-----------------------------|----------|----------------------|-------------|--------|-------------|---------------|--------------------------------------------|---------------------------------------|------------|-----------------------------------|
|                     |              |                             |          | DONACIONES RETIRADAS | DESTRUCCIÓN | REMATE | RESTITUCIÓN | TOTAL EGRESOS | DONACIONES SIN BENEFICIARIOS O SIN RETIRAR | DESTRUCCIONES PENDIENTES DE EJECUCIÓN | EN TRAMITE | TOTAL, STOCK FINAL AL 31 DE JULIO |
| LA QUIACA           | PROPIO       | 383,62                      | 320,5    | 49,93                | 296,11      | 0      | 1,85        | 347,89        | 0,48                                       | 131,75                                | 227,55     | 359,78                            |
|                     | GENDARME RÍA | 0                           | 0,00     | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 0,00       | 0,00                              |
| JUJUY               | PROPIO       | 63,75                       | 299,21   | 42,22                | 33,6        | 0      | 0,86        | 76,68         | 0,00                                       | 2,76                                  | 0,00       | 268,50                            |
|                     | GENDARME RÍA | 422,69                      | 72,17    | 0,06                 | 8,94        | 0      | 0           | 9             | 0,00                                       | 391,99                                | 89,43      | 481,42                            |
| TINOGASTA           | PROPIO       | 101,85                      | 29,06    | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 130,90     | 130,90                            |
|                     | GENDARME RÍA | 0                           | 0,00     | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 0,00       | 0,00                              |
| SANTIAGO DEL ESTERO | PROPIO       | 298,47                      | 120,3    | 124,44               | 21,97       | 0      | 0           | 146,41        | 207,19                                     | 67,09                                 | 0,19       | 274,47                            |
|                     | GENDARME RÍA | 0                           | 0,00     | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 0,00       | 0,00                              |
| TUCUMÁN             | PROPIO       | 443,8                       | 254,45   | 318,71               | 41,43       | 0      | 0,59        | 360,73        | 242,13                                     | 89,10                                 | 38,92      | 370,15                            |
|                     | GENDARME RÍA | 251,29                      | 228,6    | 2,98                 | 0           | 0      | 0           | 2,98          | 0,00                                       | 0,03                                  | 450,93     | 450,96                            |
| ORÁN                | PROPIO       | 215,82                      | 144,14   | 82,83                | 33,99       | 0      | 1,26        | 118,08        | 30,63                                      | 0,00                                  | 227,75     | 258,38                            |
|                     | GENDARME RÍA | 30,24                       | 76,44    | 0                    | 105,15      | 0      | 0           | 105,15        | 0,21                                       | 0,00                                  | 1,31       | 1,52                              |
| POCITOS             | PROPIO       | 141,33                      | 163,49   | 64,01                | 26,16       | 0      | 61,6        | 160,2         | 0,00                                       | 0,00                                  | 132,14     | 132,14                            |
|                     | GENDARME RÍA | 0,42                        | 0,1      | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 0,00       | 0,00                              |
| SALTA               | PROPIO       | 323,73                      | 813,87   | 168,47               | 0           | 0      | 0           | 168,47        | 131,81                                     | 54,19                                 | 826,08     | 1.012,08                          |
|                     | GENDARME RÍA | 216,06                      | 0,00     | 0                    | 0           | 0      | 0           | 0,00          | 0,00                                       | 0,00                                  | 216,04     | 216,04                            |
| TOTALES             |              | 2.893,07                    | 2.522,33 | 853,65               | 567,35      | 0,00   | 66,16       | 1.495,59      | 612,45                                     | 736,91                                | 2.341,24   | 3.956,34                          |

Tabla 1. Detalle del movimiento de mercaderías correspondiente de enero a julio del 2020 (AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste).

En la Figura 1, se observa la actividad de procesamiento de materiales que se ejecuta en cada zona, las ciudades de La Quiaca y Orán presentan el mayor porcentaje de destrucción de residuos. En este sentido, se puede apreciar la necesidad del sector aduanero de regular el procesamiento de desechos y optimizar la destrucción de mercadería abandonada.

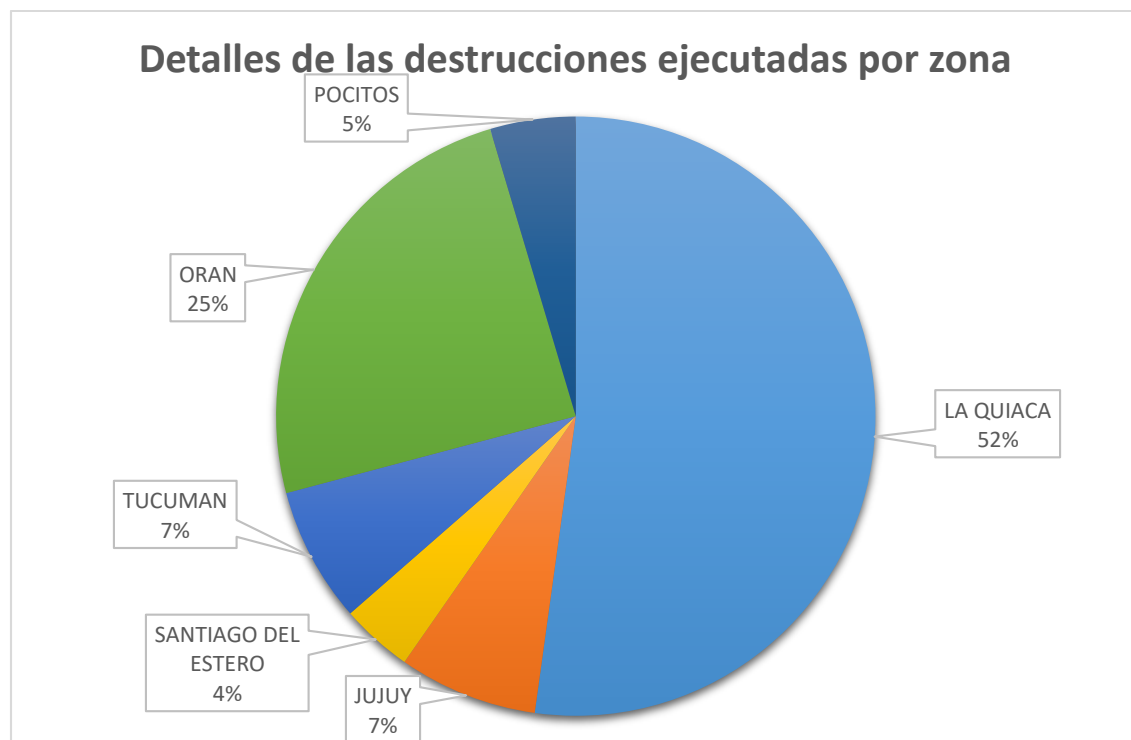


Figura 1. Detalles de las destrucciones ejecutadas por cada zona de enero a julio de 2020 (Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste).

Por otra parte, los rubros que contemplan estas mercaderías son variados y van desde productos del hogar, consumo alimenticio, hasta mercaderías varias. La distribución de la mercadería abandonada destruida se puede dividir según las siguientes estadísticas de destrucción proporcionada por la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste.

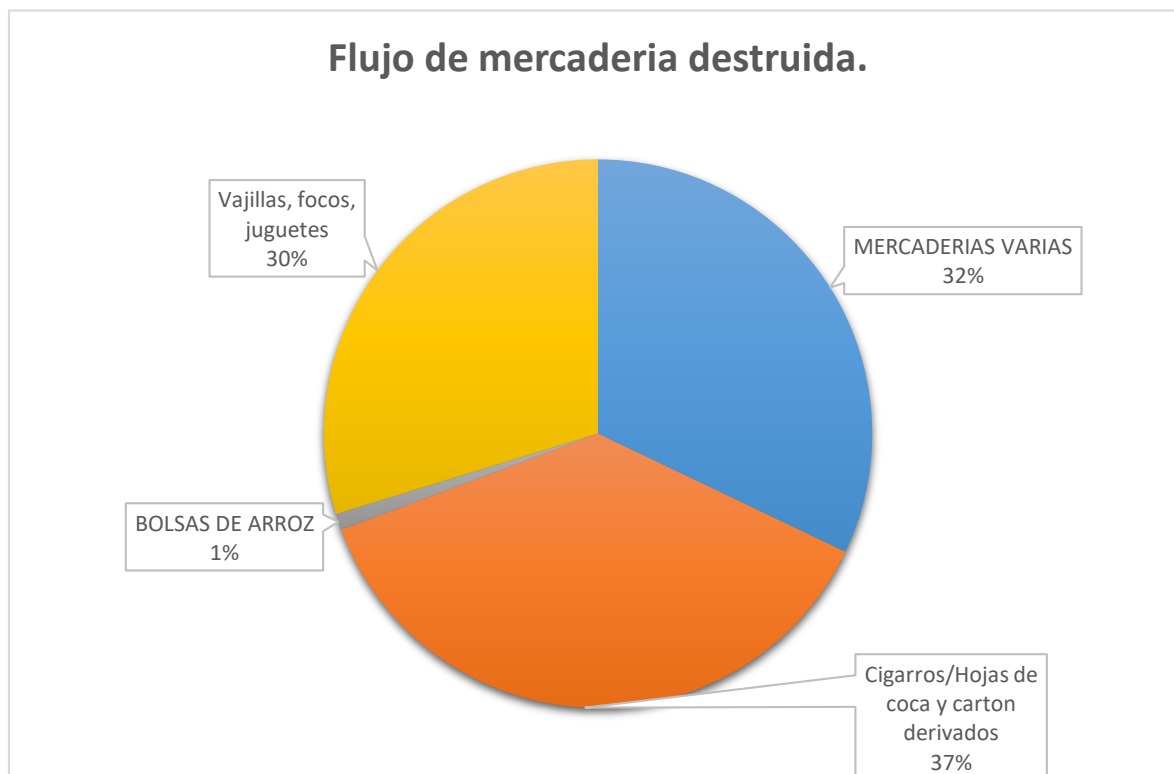


Figura 2. Estadísticas de mercadería destruida de enero a julio de 2020 (Elaboración propia en base a los datos obtenidos de la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste).

Nótese en la Figura 2, que los juguetes, focos y vajillas son el tercer gran sector de mercadería destruida, mientras que el segundo sector, se compone de diversas mercaderías tales como, electrónica, alimentos y productos químicos. Por último, el mayor volumen de destrucción se muestra en los cigarros, hojas de coca y otros derivados. Sin embargo, la mercadería destruida que comprenden los juguetes y materiales de plástico representa un volumen importante, los cuales pueden ser utilizados como materia prima para la producción de fueloil a través del proceso de pirólisis.

Por estas razones, el presente proyecto plantea prestar un servicio de destrucción de residuos plásticos constituidos principalmente por tereftalato de polietileno (PET) y policloruro de vinilo (PVC). En este proceso se obtiene como subproducto combustible fueloil, el cual puede ser comercializado y utilizado como fuente de energía.

### Análisis FODA

A continuación, se muestra el análisis FODA del proyecto para presentar las oportunidades, debilidades, fortalezas y amenazas que estén vinculadas a su desarrollo.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtención de Fueloil libre de azufre.</li> <li>- Menor cantidad de gases de efectos invernaderos con relación a las demás tecnologías.</li> <li>- La planta puede operar con distintas materias primas.</li> <li>- El proceso se realiza en espacios reducidos.</li> </ul>            | <b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elevados costos de pre procesamiento de materia prima.</li> <li>- Elevados costos de operación.</li> </ul>                                                                                                                                                                                          |
| <b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se enmarca con el protocolo de Kioto y las leyes nacionales para el cuidado ambiental.</li> <li>- Provee un servicio de destrucción para el excedente de mercadería plástica abandonada.</li> <li>- Se han implementado plantas similares (Waste to Energy) en el país.</li> </ul> | <b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Merma en la cantidad de mercadería abandonada en la aduana por la incentivación al consumo de productos nacionales.</li> <li>- Tendencia a la reducción del consumo de fueloil a nivel mundial.</li> <li>- Conceptos erróneos y anticuados de la sociedad sobre la incineración de residuos</li> </ul> |

Tabla 2. Análisis FODA.

## **Análisis PESTEL**

A continuación, se presenta el análisis de factores políticos, económicos, sociales, tecnológicos, ecológicos y legales (PESTEL), el cual se realiza con la finalidad de identificar elementos que afecten al plan de negocio y así poder establecer una estrategia adecuada y eficaz.

### **Descripción de los factores involucrados**

- **Factor político:** en diciembre de 2019 Alberto Fernández asumió la presidencia de la Nación, este nombro como vice presidente a Cristina Fernández de Kirchner, implicando un cambio de partido gubernamental. El gobierno actual mantiene los beneficios para PyMEs que cuenten con el Certificado PyME como ser el diferimiento en el pago del Impuesto al Valor Agregado por 90 días para micro y pequeñas empresas; certificado de no retención de IVA con condiciones especiales; compensación del impuesto al cheque (100% del impuesto para micro o pequeñas empresas y 60% para industrias mediana) y el acceso a financiamiento a través de sociedades de garantía recíproca. El gobierno anuncio nuevas medidas como el no pago de contribuciones patronales sobre el aumento de sueldo según el decreto 14/2020 y una alícuota reducida del 18%.

Debido a la situación mundial producida por el coronavirus (Covid-19) se implementaron medidas para PyMEs, como ser el Programa de Asistencia de Emergencia al Trabajo y la Producción; líneas de créditos al 24% para PyMEs sin préstamos bancarios vigentes; créditos para el pago de sueldos a tasa fija del 24%, prórroga de moratoria para el registro PyMEs; suspensión temporaria del corte de servicios por falta de pago y del cierre de cuentas bancarias; extensión del plazo para presentar cheques, eximición del pago de contribuciones patronales, entre otras.

- **Factor económico:** el escenario económico es desfavorable a partir de la deuda adquirida por la República Argentina con el Fondo Monetario Internacional (FMI) en 2016, la contracción del PIB en un 2,2% en 2019 y la estimación de una caída del 5,2% del PIB para el año 2020 por la crisis generada por el Coronavirus (Covid-19). Por todas estas razones y acompañado de un incremento de los costos logísticos de la aduana, ocasiona que una

mayor cantidad de personas tiendan a abandonar mercadería, dado que la gestión de estos residuos ocasiona un incremento de estas operaciones afectando la rentabilidad de sus negocios dentro de la nación.

| Indicadores de crecimiento                        | 2018      | 2019<br>Datos<br>estimados | 2020<br>Datos<br>estimados | 2021<br>Datos<br>estimados | 2022<br>Datos<br>estimados |
|---------------------------------------------------|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| PIB ( miles de millones de pesos)                 | 14605,790 | 21603,141                  | 32323,708                  | 43319,770                  | 56146,091                  |
| PIB ( miles de millones de USD)                   | 707,330   | 685,678                    | 676,893                    | 686,594                    | 702,270                    |
| PIB<br>(crecimiento anual en %, precio constante) | -2,48     | -3,06                      | -1,28                      | -1,43                      | -2,28                      |
| PIB per cápita (pesos)                            | 15873,749 | 15219,564                  | 14860,243                  | 14908,360                  | 15081,964                  |
| PIB per cápita (USD)                              | 11658,220 | 9887,788                   | 9730,908                   | 10462,467                  | 11138,804                  |
| Endeudamiento del Estado (en % del PIB)           | 86,058    | 93,301                     | 80,816                     | 76,358                     | 73,961                     |
| Tasa de inflación (%)                             | 34,277    | 54,440                     | 50,997                     | 32,260                     | 26,869                     |

Tabla 3 Indicadores de crecimiento (Fondo Monetario Internacional, 2018)

- **Factor social:** a lo largo de los años el ritmo de producción y consumo se ha vuelto insostenible debido a los fuertes cambios climáticos, mala distribución de las riquezas, disminución de las oportunidades de empleo para la población, entre otros. Estos factores han impulsado a crear nuevos puestos de trabajos involucrando sectores productivos

enfocados especialmente a la sustentabilidad, lo que ha generado un cambio de conciencia en la población global, haciendo más evidente la necesidad de orientar la tecnología al hacia el uso de energías renovables.

- **Factor tecnológico:** la destrucción de residuos plásticos por pirólisis para la extracción de fueloil es una tecnología relativamente nueva, su implementación industrial fue en el año 2010 y es considerada una energía renovable. La principal ventaja de este proyecto en cuanto al eje tecnológico en la República de Argentina es que, al ser una tecnología novedosa no se encuentra implementada en el país; por otra parte, este tipo de tecnología se limita solamente al tratamiento de residuos plásticos.

Los incineradores modernos poseen medidas de control que permiten optimizar el proceso de combustión. Estas medidas incluyen la prolongación de los tiempos de residencia y la alta turbulencia, lo que asegura la completa combustión de los residuos para destruir todos los contaminantes orgánicos, como también para prevenir la producción de nuevos contaminantes. Estos incineradores tienen instalados equipos para la limpieza de los gases producidos y para la disminución de la contaminación.

- **Factor ecológico:** la tecnología implementada favorece la reducción de gases de efecto invernadero al mismo tiempo que incrementa la producción de combustible libre de azufre. A su vez, este proyecto se enmarca en los decretos 3395/1996 y resolución SE150/2008.
- **Factor legal:** En esta instancia se analizan factores relacionados a todos los cambios en la normativa legal relacionados con la actividad, los cuales pueden afectar positiva o negativamente.

Se pone énfasis en las siguientes cuestiones:

- Ley N° 25.675 “Ley General del Ambiente” que establece los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
- La Ley N° 26.994 “Ley General de Sociedades” (LGS), modifica el régimen de sociedades comerciales de la Ley 19.550 e incorpora la Sociedad Anónima Unipersonal. Al introducir modificaciones a la Sección IV surge la desaparición de las Sociedades de hecho, manteniendo la exigencia del contrato escrito para probar la existencia de la Sociedad, ya sea como instrumento público o privado.

- Ley contrato de trabajo (Ley N° 20.744)
- Higiene y seguridad (Ley N° 19.587): las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo se ajustarán, a las normas de esta ley y de las reglamentaciones que en su consecuencia se dicten. La higiene y seguridad en el trabajo comprenderá las normas técnicas y medidas sanitarias, precautorias, de tutela o de cualquier otra índole que tengan por objeto: o proteger la vida, preservar y mantener la integridad psicofísica de los trabajadores; o prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los distintos centros o puestos de trabajo; o estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.
- Ley N° 13.660, relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos
- Ley N° 22415: Código Aduanero.
- Ley provincial N°7070 “De protección del Medio Ambiente” tiene por objeto establecer las normas que deberán regir las relaciones entre los habitantes de la provincia de Salta y el medio ambiente en general, los ecosistemas, los recursos naturales, la biodiversidad.
- La Ordenanza N° 7597/96 y las modificatorias N° 8075/98 y 8430/98, que establecen normas para el procesamiento y la disposición final de los residuos en el ámbito del Municipio de Salta.
- Ley N° 20.284. Plan de prevención de situaciones críticas de contaminación atmosféricas.
- El decreto reglamentario N° 6002 – PMA de la provincia de Jujuy.
- Resolución (SE) 1283/06

La planta de destrucción de mercadería genera emanaciones de gases de efecto invernadero como dióxido de azufre, material particulado, monóxido de carbono, ozono, óxido de nitrógeno y plomo (las emanaciones y concentraciones permitidas por año son señaladas en el apartado de impacto ambiental), por lo cual se enmarca en el decreto 3395/1996. En cuanto a la producción de fueloil la resolución SE150/2008 establece el contenido de

máximo de azufre que debe contener el fueloil líquido para ser utilizado en las usinas eléctricas.

| <b>Factor</b> | <b>Nivel de impacto</b> | <b>Tipo de impacto</b> | <b>Detalle</b>                                                                        |
|---------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Político      | 1(+)                    | Oportunidad            | ✓ Beneficios gubernamentales para PyMEs                                               |
|               | 2(-)                    | Amenaza                | X Inestabilidad post coronavirus (Covid-19)                                           |
| Económico     | 3 (+)                   | Oportunidad            | ✓ Creciente demanda de destrucciones pendientes.<br>✓ Producción de combustible.      |
|               | 2(-)                    | Amenaza                | X Cambio de escenario por motivos inflacionarios e incentivación a las importaciones. |
| Social        | 3(+)                    | Oportunidad            | ✓ Búsqueda permanente de energías renovables.                                         |
| Tecnología    | 1(0)                    | Amenaza                | X No se observa ningún aspecto sobresaliente.                                         |
|               | 2(+)                    | Oportunidad            | ✓ Tecnología verde.                                                                   |
| Ambiental     |                         | Amenaza                | X Costo elevado de pre procesamiento de la materia prima.                             |
|               | 2(+)                    | Oportunidad            | ✓ Contribuye a la preservación del medio ambiente.                                    |
|               | 0                       | Amenaza                | X No se observa ningún aspecto sobresaliente.                                         |
| Legal         | 2 (+)                   | Oportunidad            | ✓ El proyecto se enmarca en las resoluciones y leyes vinculadas a este.               |
|               | 1 (-)                   | Amenaza                | X Cambios repentinos en las políticas de emanación de gases de efecto invernadero.    |

Tabla 4. Análisis PESTEL.

### Definición de servicio

El proyecto propone implementar un servicio que consiste en la destrucción de plásticos PET, PVC y Polipropileno proveniente del sector aduanero, por medio de un proceso de pirólisis. Asimismo, como subproducto de este proceso se obtiene fueloil, el cual será comercializado posteriormente.

### **Ventajas competitivas de servicio**

La obtención de fueloil como subproducto proporciona un valor agregado a la alternativa de destrucción de mercadería abandonada en las aduanas, permitiendo realizar el proceso a un costo más accesible. Adicionalmente, implementar esta tecnología representa una alternativa a la destrucción de desechos más amigable con el ambiente que el realizado por las compañías de aplastamiento y relleno sanitario. A su vez, el servicio pretende disminuir la contaminación y a su vez generar combustible, para su comercialización nacional y posterior exportación.

Otra ventaja de esta tecnología es su practicidad, dado que el proceso se realiza en espacios reducidos, a diferencia de la tecnología de relleno sanitario donde son necesarios extensos terrenos para depositar los residuos. Al mismo tiempo, también disminuye el impacto ambiental comparado con la que destrucción de mercadería por combustión.

### **Conclusiones**

Mediante el análisis FODA se puede evidenciar que, al no estar implementada esta tecnología en el país se presenta como una oportunidad de innovación. Al mismo tiempo, el subproducto destaca por tener una composición de azufre prácticamente inexistente, ajustándose a los parámetros de un combustible limpio, aportando una disminución a las emanaciones de compuestos derivados del azufre. En cuanto a las amenazas, se puede destacar que existe un fuerte incentivo por comercializar con mercadería nacional, por lo cual se estima que la cantidad de materia prima disponible para la planta pueda llegar a disminuir, al verse más restringidas las políticas de importaciones en el país, actualmente estos datos no se encuentran cuantificados.

El análisis PESTEL se muestra que los factores que tiene mayor impacto para la empresa son el económico, el social y el ambiental, esto se debe a que en la parte económica se muestra una tendencia al alza en cuanto a la acumulación de mercadería en la aduana y un leve incremento en la producción de combustible, no obstante, este escenario puede verse seriamente afectado por las actuales variantes políticas de importación de productos. Por su parte, en lo social/ambiental se conoce que la sociedad en los últimos años ha mostrado mayor interés por la búsqueda de energías renovables, en este sentido, la alternativa planteada en el proyecto es ecológica y amigable con el

ambiente al producir combustible mediante un proceso que contribuye a la disminución de residuos y que a su vez genera una baja tasa de contaminación ambiental.

Debido a la incentivación al consumo nacional, y por lo consecuente una reducción la mercadería secuestrada, puede producirse una merma en la cantidad de materia prima de la planta. Sin embargo la versatilidad de la misma permite incinerar distintos tipos de materia prima generando fuel oil, esta materia prima puede ser procedente de residuos sólidos urbanos o de diferentes sectores industriales.

Las grandes organizaciones ambientales se encuentran en contra de la incineración de residuos (Greenpeace, 2018) ya que tiene conceptos que no tienen en cuenta los avances tecnológicos de los últimos años como son las plantas conocidas como Waste to Energy que aprovechan el calor de la incineración para calentar hogares y producir energía. Las plantas que aprovechan el calor o los gases productos de la combustión de los residuos son fundamentales para una transición a la economía circular, siempre que se respete la jerarquía de residuos propuesta por la Unión Europea (Comisión Europea, 2017). En orden:

1. Reducción
2. Reuso
3. Reciclaje
4. Recuperación
5. Eliminación

En los países donde se operan este tipo de plantas se ha comprobado que esta modalidad no compite con las políticas de reciclaje. En estados unidos los municipios con plantas de valorización energética de residuos sólidos urbanos tienen una tasa de reciclaje más alta que la del resto. En estas instalaciones se facilita el reciclaje de diversos materiales. Muchos establecimientos ofrecen áreas destinadas al almacenamiento de materiales reciclables. Algunas plantas emplean programas de recuperación de metales ferrosos para su reciclado. (González, 2010)

Por otro lado, en el caso de la mercadería secuestrada por aduana es imposible realizar reciclaje ya que la disposición de destruir mediante incineración es de carácter obligatorio debido a la Ley N° 22415: Código Aduanero.

## **Estudio de mercado**

### **Proveedores de materia prima**

La materia prima contemplada para la planta de pirólisis y el proceso de obtención de fueloil se constituye en su mayoría por residuos de plásticos de PET y PVC, provenientes de los almacenes de las aduanas del noroeste del país. Es importante destacar que estos dos elementos son los que aportan mayor rendimiento de extracción de combustible.

En esta propuesta se analiza la posibilidad de ofrecer un servicio de destrucción de material plástico retenido por la aduana, mientras que al mismo tiempo como subproducto se obtiene combustible para el uso de la industria nacional, lo cual permitirá disminuir los costos de destrucción de material acumulado y aumentar la productividad de la planta.

Según se observó con anterioridad al menos un 30% de mercadería acumulada (ver Figura 2) se compone por plásticos, juguetes, entre otros, los cuales son están compuestos en gran proporción por PET, PVC y polipropileno, la mayor parte de esta mercadería es destinada a ser destruida, sin embargo, como se muestra en la Tabla 1, aún existe un déficit del servicio de destrucción de al menos 736 m<sup>3</sup> de mercadería total secuestrada del mes de enero al mes de julio del 2020, lo cual ocupa gran parte del espacio de los galpones, generando un incremento de los gastos de las aduanas.

Analizando la problemática en la zona noroeste de la aduana, el dimensionamiento para el proceso de la planta de pirólisis toma como referencia una capacidad destructiva de al menos el 30% de la mercadería acumulada, aproximadamente equivalente a 220 m<sup>3</sup> de volumen, lo cual representa cerca de 220 toneladas métricas, no obstante, el servicio también puede presentarse como una oferta a las aduanas de otras zonas de la República Argentina, a su vez como beneficio adicional, esta alternativa genera ingresos por la producción de fueloil.

Otras materias primas con las que se puede operar la planta de producción son las siguientes:

- Recortes de madera, cartón, pallets, aserrín o madera en general.
- Aceites de uso mecánico quemados y grasas varias.

- Neumáticos.
- Papeles.
- Ciertos residuos de la industria petrolera.

**Clientes, Segmento. Tendencia a nivel provincial, nacional y global y estimación de la demanda actual.**

Los principales clientes en cuanto al servicio de destrucción de materia prima aduanera son aquellas aduanas ubicadas en la zona noroeste de Argentina, tales como:

- La Quiaca.
- Jujuy.
- Tinogasta.
- Santiago del estero.
- Tucumán.
- Orán.
- Pocitos.
- Salta.

El segmento o demanda media anual de los servicios de destrucción se describe en la Tabla 1, donde se puede observar que existe un déficit de 736 m<sup>3</sup> de mercadería que no puede ser destruida durante el primer semestre del año 2020 debido a la inexistencia de una planta de destrucción de mayor capacidad, quedando en evidencia la necesidad de implementar una planta adicional de destrucción de residuos en esta región.

A continuación, los volúmenes de destrucciones que se realizaron entre los años 2017-2019.

| <b>Año</b>  | <b>Destrucciones pendientes por ejecución</b> |
|-------------|-----------------------------------------------|
| <b>2017</b> | 2731,96                                       |
| <b>2018</b> | 2.823,53                                      |
| <b>2019</b> | 2558,57                                       |

Tabla 5. Destrucciones pendientes por periodos anuales (AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste).

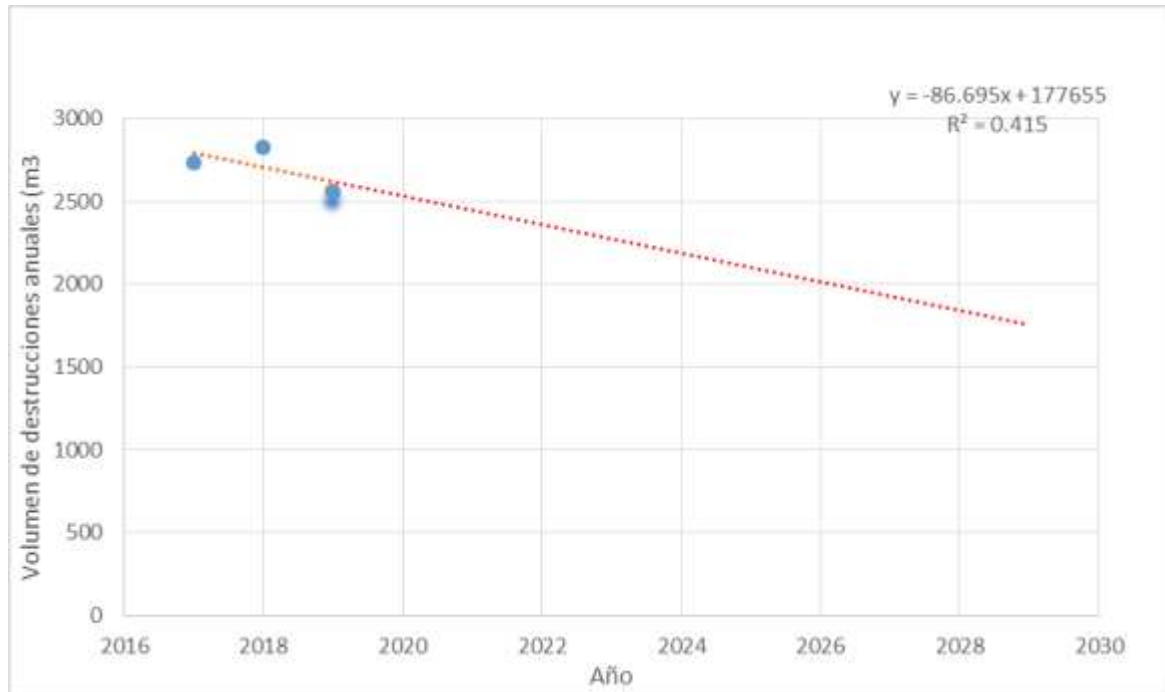


Figura 3. Extrapolación de destrucciones, según el periodo anual (Elaboración propia).

En la Figura 3 se detalla el comportamiento de las destrucciones realizadas por periodo anual. Para esta gráfica se realizó una extrapolación lineal a 10 años y se observó que el valor de destrucciones realizadas en el año 2019 es de 2558.57 m<sup>3</sup>, y para el año 2030 se estima que será de alrededor de 1.500 m<sup>3</sup>. Sin embargo, como se observa en la Figura 2, el 30% de este volumen de destrucciones pendientes se compone por mercadería apta para ser procesada en la planta de pirólisis, por tal motivo se considera una carga de 500 m<sup>3</sup> como parámetro de diseño.

Son numerosas las tecnologías utilizadas para ejecutar un proceso de destrucción y cada artículo cuenta con un proceso específico que permite disminuir el impacto ambiental, por ejemplo los líquidos peligrosos deben contar con un tratamiento fisicoquímico y biológico antes de ser descartados, los metales deben ser compactados y clasificados para su posterior refundición, los tabacos deben ser calcinados y contar con filtros especializados para no generar efectos nocivos para la salud de los habitantes de los alrededores de la planta y trabajadores, mientras que los plásticos pueden ser incinerados o procesados por pirólisis.

## **Competencia**

En este apartado se describe la competencia con la que cuenta el proyecto actualmente, tanto para el servicio de destrucción de material como para la producción de fueloil.

## **Competidores en servicio de destrucción de mercadería**

En la República Argentina no se ha implementado aun este tipo de tecnología de destrucción de plásticos para la extracción de fueloil, sin embargo, existen muchos otros servicios de destrucción, aplastamiento y relleno sanitario de productos abandonados.

El Grupo Pelco es una de las empresas que ofrece servicios de destrucción y cuenta con dos plantas para el procesamiento de mercadería abandonada y residuos, una de ellas está ubicada en Buenos Aires en Talar y la otra en la Provincia de Santa Fe. En estas se llevan a cabo distintos procesos de destrucción, entre los que destaca la incineración como una alternativa similar a la pirólisis, no obstante, este proceso difiere con ciertas variables que no permiten la extracción de fueloil a partir de residuos plásticos, además que esta tecnología emana una mayor cantidad de gases de efecto invernadero.

En sus dos plantas principales el Grupo Pelco procesa aproximadamente 80.000 toneladas anuales de residuos plásticos, electrónicos y líquidos. Esta empresa cuenta con una política de clasificación y reutilización de materiales electrónicos y, además, posee hornos de incineración para el procesamiento de plásticos y residuos cuya destrucción genera efectos nocivos en la salud. En cuanto a los líquidos, poseen planta de tratamiento de fluidos que permite emanar los desechos al ambiente con una baja carga de contaminantes y disminuir el impacto ambiental.

Otro de los posibles competidores futuros serán las plantas Waste to Energy o Plantas de termovalorización que planean instalar en la Capital Federal y alrededores para el año 2030 (Energías Renovables, 2017) debido a que se estima que el relleno sanitario de la empresa estatal CEAMSE colapsará para el año 2023. (Ruocco, 2018)

### Competidores en el sector de combustible

Actualmente en la República Argentina no existe competencia a nivel local relacionada al fueloil generado a partir pirólisis, sin embargo, se referencia un proyecto similar en el año 2018 (Tiempo Fuego, 2018) que no se ha terminado de ejecutar. Por lo cual, la competencia para la producción de fueloil solamente que existe por parte de la industria petrolera.

En Argentina existen actualmente 11 refinerías distribuidas de la siguiente manera (ver Tabla 6).

| Refinerías de petróleo de Argentina en 2014 |               |                                 |                                                                   |
|---------------------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Nombre                                      | Cap. Nominal  | Ubicación                       | Propietario                                                       |
| Refinería de Bahía Blanca                   | 32.000 bbl/d  | Bahía Blanca, Prov. de BsAs     | Petrobras [3] [10]                                                |
| Refinería de Campana (ex ESSO)              | 90.000 bbl/d  | Campana, Prov. de BsAs          | Axion Energy [3] [11]                                             |
| Refinería de Campo Durán                    | 30.000 bbl/d  | Campo Durán, Prov. de Salta     | Refinor [6] [3]                                                   |
| Destilería Dock Sud-1                       | 1.300 bbl/d   | Duck Sud, Prov. de BsAs         | DAPSA (Destilería Argentina de Petróleo Sociedad Anónima) [5]     |
| Destilería Dock Sud-2                       | 100.000 bbl/d | Duck Sud, Prov. de BsAs         | Shell CAPSA (Shell Compañía de Petróleo Sociedad Anónima) [3] [8] |
| Refinería La Plata                          | 189.000 bbl/d | Ensenada, Prov. de BsAs         | YFP [1] [3]                                                       |
| Refinería Luján de Cuyo                     | 126.000 bbl/d | Luján de Cuyo, Prov. de Mendoza | YFP [1] [3]                                                       |
| Refinería de Plaza Huincul-1                | 26.000 bbl/d  | Plaza Huincul, Prov. de Neuquén | YFP [1] [3]                                                       |
| Refinería de San Lorenzo                    | 50.000 bbl/d  | San Lorenzo, Prov. de Santa Fe  | OIL [4] [3]                                                       |
| RENESA                                      | 6.250 bbl/d   | Plaza Huincul, Prov. de Neuquén | Petrolera Argentina (Grupo “Más energía S.A) [9]                  |
| Refinería de Palza Huincul-2                | 3.437 bbl/d   | Plaza Huincul, Prov. de Neuquén | Petrolera Argentina (Grupo “Más energía S.A) [7] [9]              |

Tabla 6. Distribución de refinerías por localidad y empresa para el año 2014 ( *Ignacio Andreotti , 2020*).

Otro punto importante para evaluar y determinar si en la zona donde se va a producir fueloil existe oferta de este producto, son los sistemas de distribución de fueloil a través de oleoductos y poliductos, por ello a continuación se presenta distribución de oleoductos y refinerías en Argentina, donde se evidencia que existe una gran concentración de poliductos y almacenes de productos terminados en la zona norte.

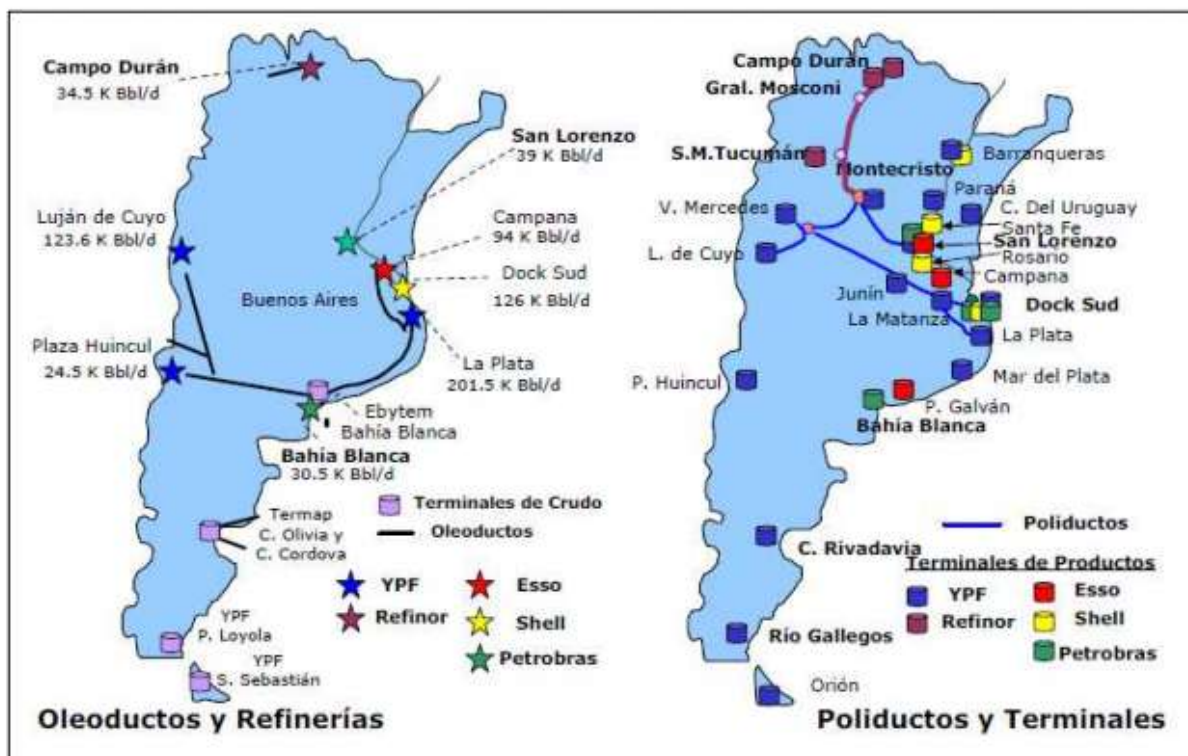


Figura 4. Distribución de oleoductos y refinerías (Rios, 2011).

En la figura 4 se puede observar que la gran mayoría de los despachos de fueloil de las empresas petroleras son realizados desde las diferentes refinerías, es decir desde Dock sud (Shell) o la Plata (YPF) ubicadas en la Provincia de Buenos Aires, Mendoza-Lujan de Cuyo (YPF), Santa Fe - San Lorenzo (Petrobras), Salta- Campo Durán y, en algunos casos, desde ciertos depósitos cercanos a los diferentes puertos fluviales o marítimos.

Las estadísticas que describen las ventas ejecutadas por cada empresa involucrada en la producción de fueloil para el año 2018 son las siguientes (ver Figura 5):

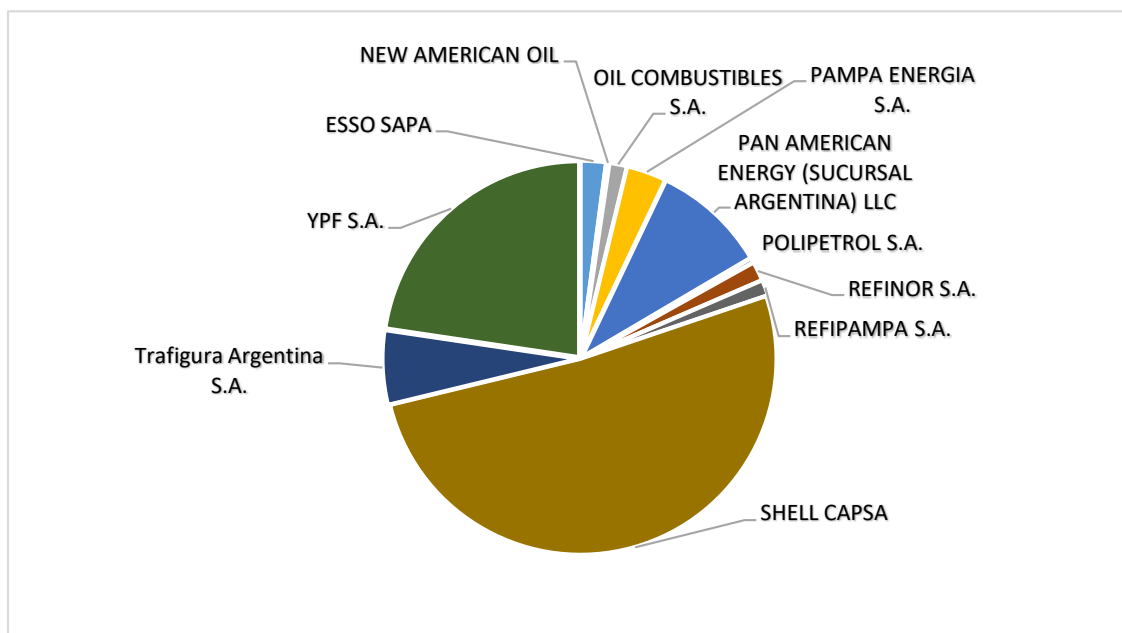


Figura 5. Distribución de ventas de fueloil por empresas (Rios, 2011).

Adicionalmente, se presentan los datos de importación y exportación de este rubro, con el fin de estudiar la necesidad a nivel nacional.

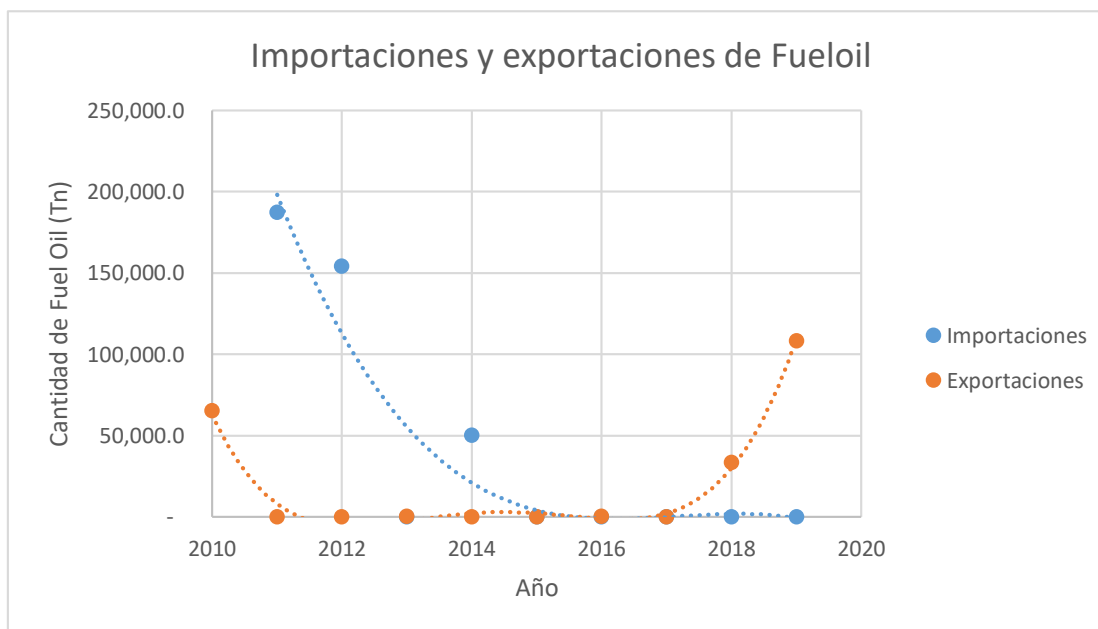


Figura 6. Importaciones y exportaciones de Fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020).

| <b>Año</b>  | <b>Importaciones (Tn)</b> | <b>Exportaciones (Tn)</b> |
|-------------|---------------------------|---------------------------|
| <b>2010</b> | -                         | 65.408,8                  |
| <b>2011</b> | 187.294,0                 | -                         |
| <b>2012</b> | 154.156,0                 | -                         |
| <b>2013</b> | -                         | 302,5                     |
| <b>2014</b> | 50.416,8                  | 174,5                     |
| <b>2015</b> | -                         | -                         |
| <b>2016</b> | -                         | 287,6                     |
| <b>2017</b> | -                         | -                         |
| <b>2018</b> | -                         | 33.527,8                  |
| <b>2019</b> | -                         | 108.247,0                 |

Tabla 7. Importaciones y exportaciones de Fueloil (*Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020*).

En la figura 6, a partir del año 2015 las importaciones de fueloil en Argentina fueron prácticamente nulas, mientras que las exportaciones se incrementaron a 108.247 Toneladas para el año 2019, lo que denota un incremento en la oferta de fueloil dentro de la República Argentina, por lo cual para este proyecto la competencia se puede centrar solamente en productores nacionales.

Por otra parte, la producción nacional de fueloil osciló de la siguiente forma entre el año 2010 y el 2019, ver figura 7.

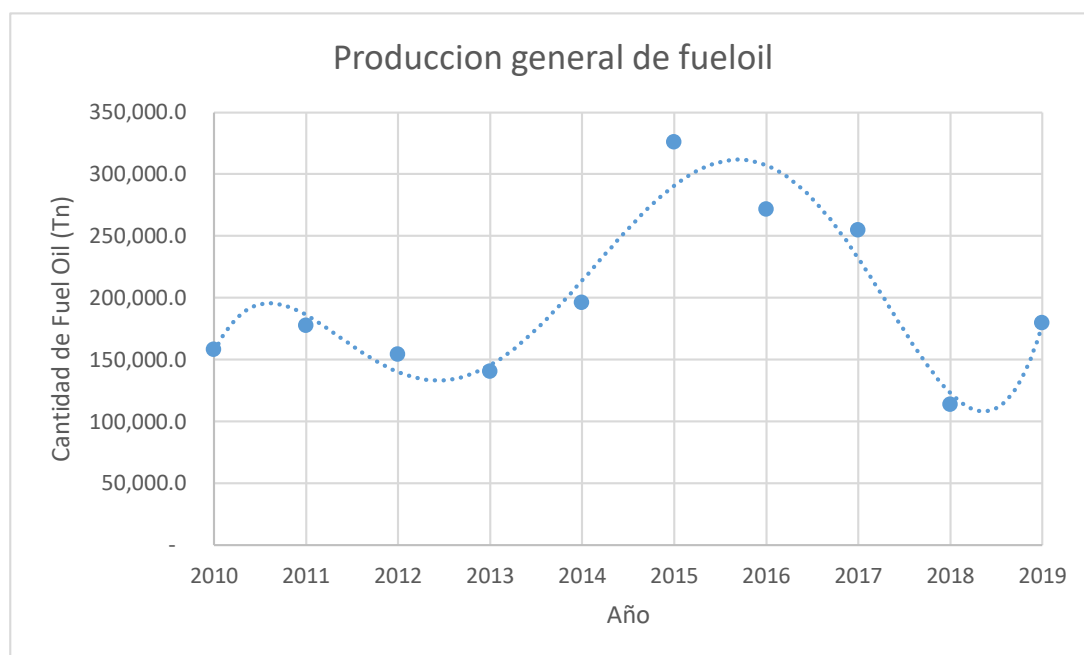


Figura 7. Producción nacional de fueloil (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020).

| Año  | Cantidad de fueloil (Tn) |
|------|--------------------------|
| 2010 | 158.250,2                |
| 2011 | 177.683,2                |
| 2012 | 154.248,5                |
| 2013 | 140.456,7                |
| 2014 | 196.216,7                |
| 2015 | 326.095,4                |
| 2016 | 271.546,4                |
| 2017 | 254.999,8                |
| 2018 | 113.998,6                |
| 2019 | 179.723,3                |

Tabla 8. Cantidad total de fueloil producida a nivel local (Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020).

## **Uso del producto y servicio**

Como se mencionó anteriormente, el proyecto plantea realizar un servicio de destrucción de mercadería acumulada en los almacenes de la aduana, obteniendo como subproducto fueloil, por lo cual, en este apartado se hablará de diferentes tópicos como son los usos del producto, las aplicaciones actuales de fueloil y el alcance del servicio de destrucción.

### **Usos en cuanto al servicio de destrucción**

La planta de destrucción pretende brindar un servicio de aplastamiento de materia prima antes de ser introducida a la planta de pirólisis para la producción de fueloil. Tan fenómeno se describe en los apartados posteriores y se presenta como una tecnología novedosa para la reutilización de distintos materiales plásticos como forma de energía renovable.

### **Aplicaciones del fueloil**

Principalmente las aplicaciones del fueloil se centran en su uso como combustible en generadores de electricidad, también existen empresas que lo emplean en calderas y hornos.

Según se observó en el apartado anterior, la elaboración nacional de fueloil satisface la demanda del país, sin embargo, en los últimos 10 años este producto ha mostrado un aumento en su exportación, lo que señala que para el año 2019 aproximadamente un 60,2% de la producción nacional fue exportada, mientras que el restante fue destinada a su aplicación en las usinas.

Por otra parte, la generación térmica por la quema de fueloil en los meses de agosto de 2019 y 2020 presentó una tendencia a aumentar en un 164,81%. Sin embargo, en algunos años esta puede oscilar dependiendo de la demanda energética del país, (Comision Nacional de Energía Atómica, 2020).

| COMBUSTIBLE                     | AGOSTO 2019 | AGOSTO 2020 |
|---------------------------------|-------------|-------------|
| Carbón [t]                      | 0           | 69.875      |
| Fuel Oil [t]                    | 23.440      | 62.071      |
| Gas Oil [m <sup>3</sup> ]       | 50.719      | 66.709      |
| Gas Natural [dam <sup>3</sup> ] | 1.404.007   | 1.200.208   |

Figura 8. Consumo de combustibles fósiles para generación eléctrica en los meses de agosto de 2019 y 2020 (Comision Nacional de Energía Atómica, 2020).

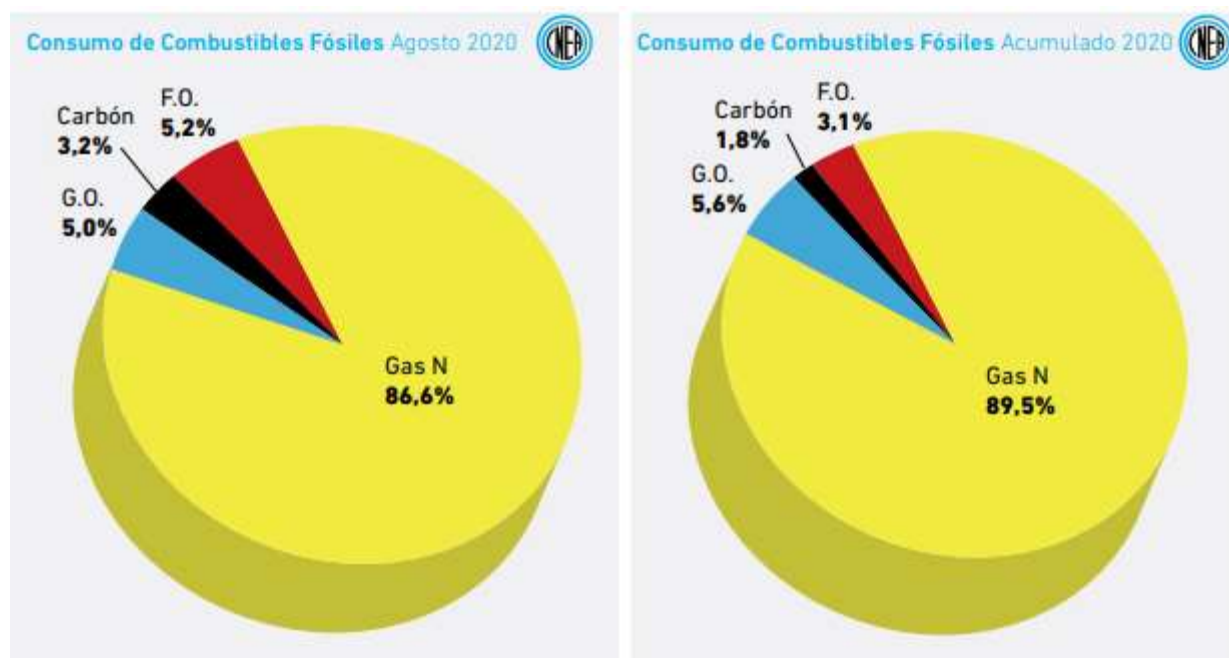


Figura 9. Relación entre los distintos tipos de combustibles fósiles para generación eléctrica en los meses de agosto de 2019 y 2020 (Comision Nacional de Energía Atómica, 2020).

Por otro lado, la distribución en el uso de combustibles se situó en los siguientes valores puntuales para enero del 2018 y enero del 2019.

| Combustible               | Enero 2018 | Enero 2019 |
|---------------------------|------------|------------|
| Carbón [t]                | 90.835     | 387        |
| Fuel Oil [t]              | 33.635     | 4.463      |
| Gas Oil [m <sup>3</sup> ] | 40.395     | 26.487     |

|                                      |           |           |
|--------------------------------------|-----------|-----------|
| <b>Gas Natural [dam<sup>3</sup>]</b> | 1.827.505 | 1.677.466 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|

Tabla 9. Cantidad total de fueloil producida a nivel local (*Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020*).

Además, también se presentan estadísticas generales de venta de fueloil, donde se puede observar una tendencia al alza, lo que indica que las pymes y otros usuarios a nivel mundial, también consumen fueloil de origen argentino. Por tal motivo, el mercado a abastecer será el nacional e internacional, pudiendo ofrecer un producto con un buen estándar de calidad para su posterior exportación u consumo interno.

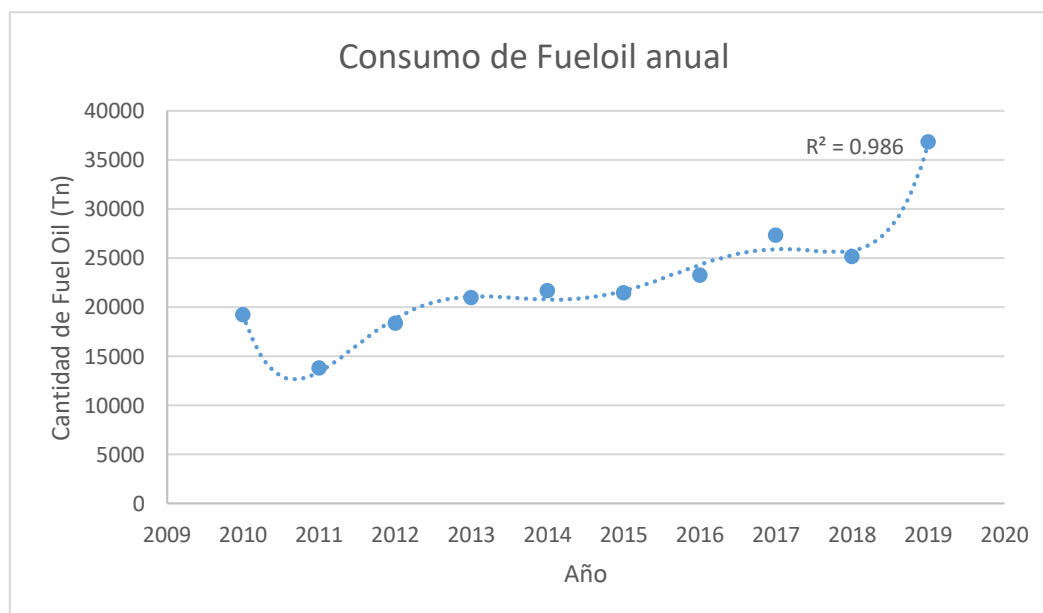


Figura 10. Ventas registradas de fueloil (*Secretaria de energia, Presidencia de la Nacion, 2020*).

### Estimación del tamaño del mercado

En la Tabla 1, se observó que actualmente existe una oferta en el servicio de destrucción de 567 m<sup>3</sup> y un déficit de oferta del servicio de 736,91 m<sup>3</sup> de destrucciones pendientes, lo que representa más del 56,48% de material almacenado en los depósitos de las aduanas que no puede ser destruido por la falta de oferta del servicio de destrucción. El proyecto busca ofrecer el servicio

de destrucción de mercadería abandonada, a las ocho aduanas que conforman el sector aduanero de la región noroeste de la República Argentina.

Como se puede observar en la Figura 11, de las ocho regiones estudiadas, cinco de ellas demandan un mayor servicio para el procesamiento de mercadería abandonada. Según estos datos, la provincia de Jujuy presenta más del 50% del total de destrucciones pendientes, distribuyéndose la cantidad restante entre las zonas de La Quiaca, Tucumán, Santiago del Estero y Salta respectivamente.

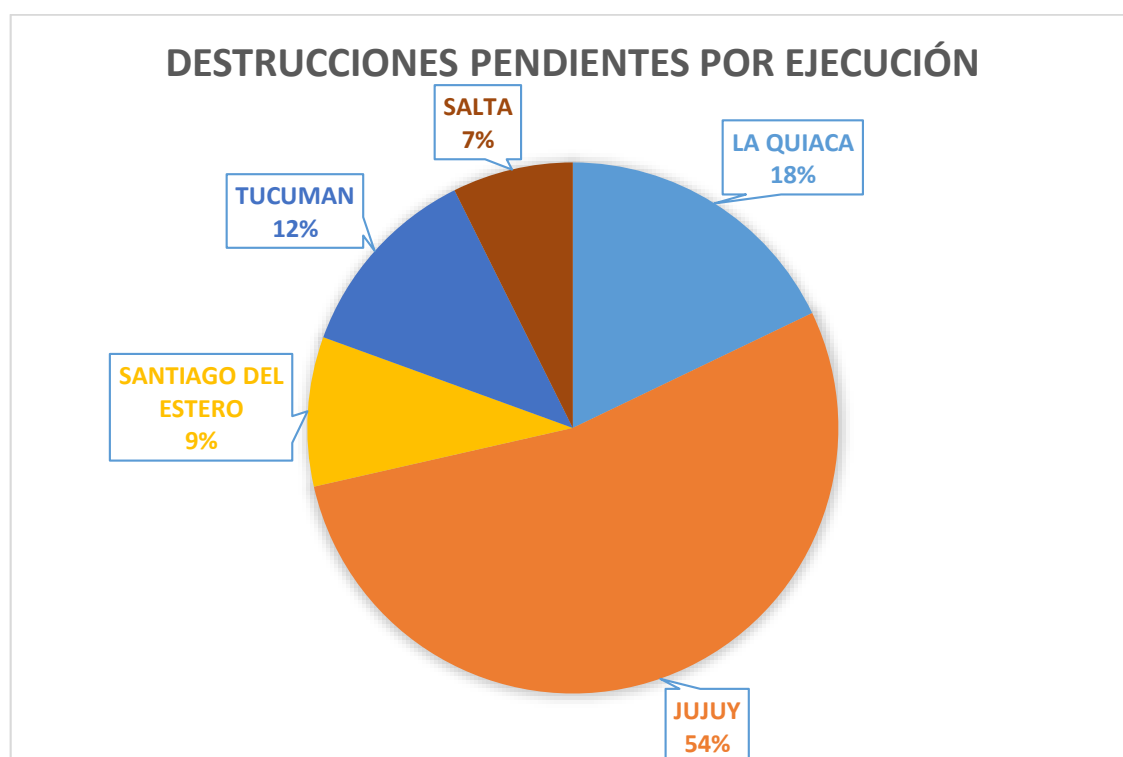


Figura 11. Detalles de las destrucciones pendientes por ejecución por cada región enero-julio 2019.

Como se mencionó anteriormente, el tamaño del mercado está conformado por 8 aduanas que representan una demanda de 2560 m<sup>3</sup> aproximadamente de las cuales solo un 30% son plásticos y se estima que de no cambiar el escenario económico las cantidades de importaciones abandonadas ascienda alrededor de 1.500 m<sup>3</sup> (ver Figura 3).

Con respecto al mercado del fuel oil el mercado consumidor principal son los generadores de electricidad y en menor medida las empresas que utilizan fuel oil para sus instalaciones como calderas y hornos.

Como se demostró en la figura 6 y la Tabla 7, el balance entre importaciones y exportaciones de fuel oil nos lleva a entender que la producción local es suficiente para abastecer la demanda de las usinas.

Debido a que la producción de la planta de destrucción es demasiado pequeña, no se considerara el mercado de generadores de electricidad, solo se comercializará el fuel oil a empresas locales y de provincias aledañas como las que pertenecen a la industria agrícola, minera, etc.

Del estudio técnico se calculó que la producción anual de fuel oil es de 325 tn que es menos del 1% del consumo argentino de fuel oil del interanual al mes de agosto del 2020. No existen datos actualizados sobre el consumo de fuel oil por provincias.

Los bidones de fuel oil que se comercializará son de 55 galones. Estos se distribuirán mediante distribuidores minoristas que comercializan combustible industrial con venta directa al cliente.

Para promocionar el fuel oil se realizarán visitas a posibles clientes de la región entregando información del producto y de la empresa. En la etiqueta de los bidones se mostrará la información técnica del producto, así como datos de seguridad, fecha de vencimiento y otros datos que exigen las normativas vigentes.

### **Tamaño de planta**

El proyecto propone el dimensionamiento y selección de equipos involucrados en el proceso de pirólisis de plásticos, limitándose a una gama de materias primas derivadas del petróleo.

En los apartados anteriores se muestra que actualmente existe una demanda aproximada a los 730 m<sup>3</sup> y se estima que esta evolucione hasta 1.300 m<sup>3</sup> para el año 2024, no obstante, se analizó cómo se conforman las ordenes de destrucción de mercadería abandonada y se observó que al menos el 30% de esta es apta para ser procesada en el tipo de planta propuesta, por lo cual se

consideró como variable de diseño principal una capacidad de 500 m<sup>3</sup> que representa 38,15% de la demanda total estimada.

Debido al hecho de que la mayoría de los residuos plásticos se concentran en la provincia de Jujuy, se considera la zona más adecuada para la instalación de la planta. Hay que tener en cuenta que en esta provincia habitan 718.971 personas (en una superficie de 58.219 km<sup>2</sup>), situándose la densidad poblacional en 12,34 habitantes/km<sup>2</sup> la cual es relativamente baja, por lo cual se considera un territorio apto para la actividad industrial.

### **Conclusiones**

Tras analizar las estadísticas aportadas por AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste se observó que:

- La demanda para el año 2019 fue de aproximadamente 2558.57 m<sup>3</sup> totales de mercadería, entre los cuales el 30% es apta para su procesamiento en la planta de pirólisis (677 m<sup>3</sup> aproximadamente).
- Se estimó una demanda total del servicio de aproximadamente 1.500 m<sup>3</sup> (500 m<sup>3</sup> aptos para ser procesados).
- En base a las estimaciones y análisis realizado se estableció como variable de diseño una carga de la planta de 500 m<sup>3</sup> anuales que según las estimaciones indican que la planta operará en una media de alrededor de 95% de la capacidad total para el año 2030.
- La planta se situará en la provincia de Jujuy.

## **Estudio Técnico**

En este apartado se describen los fundamentos, consideraciones y especificaciones técnicas de los equipos involucrados en el proceso de pirólisis.

### **Fundamento de la pirólisis de plásticos**

La pirólisis de plástico propuesta en este proyecto consiste en un craqueo térmico a altas temperaturas en ausencia de oxígeno. En este tipo de tecnología el reactor de craqueo, que se denominará de ahora en adelante como horno, puede ser alimentado con cualquier tipo de plástico sin importar su composición química, puesto que todos estos se componen de moléculas de alto peso molecular ricas en carbono, por lo cual el proceso termina siendo igual para todos los plásticos.

El proceso tiene lugar en una cámara cilíndrica donde los plásticos son calentados entre 370°C y 420°C, temperatura suficiente para que el plástico pase de estado sólido a estado gaseoso, a esta corriente gaseosa se le denomina gases pirolíticos, que luego son condensados en un proceso de dos etapas con la finalidad de obtener fueloil en estado líquido. Posteriormente, el fueloil puede ser separado en diésel o queroseno en una proporción 4:1, generalmente, o utilizado directamente como fuente de energía para las usinas o calderas de combustión. (Energia12, 2012).

### **Descripción del proceso.**

El proceso inicia con la carga de plásticos siendo trituradas y molidas hasta una granulometría de no más de 1-2 mm de diámetro promedio de partícula, donde ingresan a una cámara primaria donde el oxígeno contenido en la muestra es purgado con dióxido de carbono. Se utiliza dióxido de carbono por ser más pesado que el aire contenido en la muestra, este hecho hace que el oxígeno pueda ser expulsado hacia el tope de la recámara por diferencia de densidades. Luego, el oxígeno pasa a un segundo recipiente donde es purgado el CO<sub>2</sub> con las tazas de oxígeno contenidas en la recámara anterior.

Una vez realizada la purga de oxígeno, los plásticos son introducidos al horno donde se obtiene una conversión a fueloil del 75%, mientras que los gases no condensables son recirculados.

Al finalizar el proceso de combustión se obtiene un 5% de carbonilla producto de pequeñas combustiones. La corriente de gases que es expulsada del horno es enviada a dos intercambiadores de calor para condensar el fueloil, posteriormente la corriente gaseosa es introducida a un separador flash donde se separa una fracción de líquido adicional que no pudo ser condensada en los intercambiadores de calor.

La corriente de líquido obtenida por el fondo del separador flash es enviada al tanque de almacenamiento y la corriente gaseosa obtenida en el tope es enviada al tanque de reservorio de gases para, posteriormente, se reutiliza una parte como combustible del horno pirolítico y otra como producto de recirculación, de igual forma, para el horno.

### **Dimensionamiento y selección de equipamiento**

En este apartado se detallará la selección y diseño de cada uno de los equipos involucrados, así como los respectivos balances de materia y energía de ser requeridos para cada unidad.

### **Selección de mecanismo de trituración de plástico**

Debido a que el plástico debe contar con una granulometría determinada, primero es triturado hasta alcanzar un diámetro de 10 a 20 mm. Para lograr esto, se seleccionó el siguiente equipo con un valor de 30.000 USD y una capacidad de procesamiento entre 300 a 2000 kg.



Figura 12. Máquina trituradora de plásticos. (Alibaba, 2020).

Adicionalmente al sistema de pirólisis no pueden ingresar trazas de metales, por lo cual se consideró colocar una serie de imanes a lo largo de la cinta transportadora, incluidos en el set.

### **Dimensionamiento de tanques de almacenamiento**

Como se mencionó en el apartado anterior, la cantidad de materia prima a procesar de la planta es de aproximadamente 500 m<sup>3</sup> de plásticos equivalentes a 500 toneladas métricas anuales, por lo cual se considera un caudal de trabajo diario de 57,077 kg/hr. Considerando la densidad del plástico en un promedio de 915 kg/m<sup>3</sup>, el caudal volumétrico se puede calcular como:

Ecuación 1. Caudal volumétrico.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad \text{Ec 1}$$

$$V = \frac{57,077 \frac{\text{kg}}{\text{hr}}}{915 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,06238 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}} = 62,38 \frac{\text{L}}{\text{hr}}$$

Los ciclos de la planta son de cada media hora (Blanco Leal, 2014), según el tiempo residencia del reactor de pirólisis para incrementar el rendimiento de producción de fueloil, por lo cual el volumen del tanque se puede calcular como:

Ecuación 2. Volumen del tanque.

$$V_T = 62,38 \frac{\text{L}}{\text{hr}} * 0,5 \text{ hr} = 31,19 \text{ L} \quad \text{Ec 2}$$

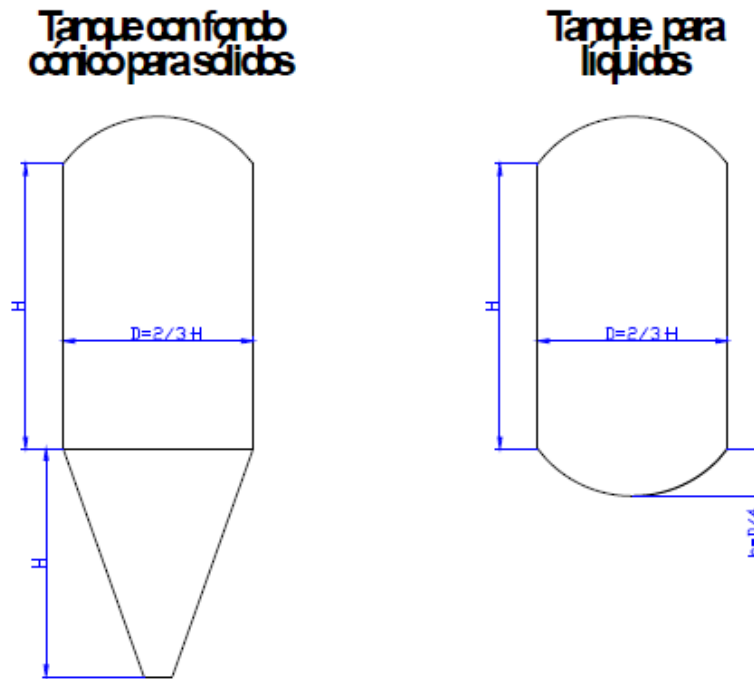


Figura 13. Criterios de dimensionamientos de tanques. (Alibaba, 2020).

Considerando el tanque se debe mantener a un nivel del 100% de sólidos, estimando una porosidad de partículas en el mismo de 0,8 se calcular el volumen total como:

Ecuación 3. Volumen total del tanque.

$$V_{T_{solidos}} = \frac{V_T}{\varepsilon} * 1,5 = \frac{31,19}{0,8} * 1,5 = 58,48 L \approx 60 L \quad \text{Ec 3}$$

El volumen total del tanque será de 60 L.

Para el recipiente de sólidos el volumen se puede calcular como:

Ecuación 4. Volumen total de sólidos.

$$V_{T_{solidos}} = V_{cilindro} + V_{cono} + V_{cabeza} \quad \text{Ec 4}$$

Ecuación 5. Volumen de cilindro.

$$V_{cilindro} = \pi * R^2 * H \quad \text{Ec 5}$$

Ecuación 6. Volumen de cono.

$$V_{cono} = \frac{\pi}{3} * R^2 * H_{cono} \quad \text{Ec 6}$$

Ecuación 7. Volumen de cabeza.

$$V_{cabeza} = \frac{\pi * D^2 * H_{cab}}{6} \quad \text{Ec 7}$$

Para realizar los cálculos del tanque se propuso contar con una relación de altura y diámetro de  $D=2/3*H$ , el volumen del cono es  $1/4$  del total del volumen del tanque, mientras que el volumen de la cabeza es de  $1/8$  del total del volumen.

Una vez realizada las consideraciones correspondientes se puede definir que el volumen del cilindro es el siguiente:

Ecuación 8. Volumen total del cilindro.

$$V_{cilindro} = V_{T_{solidos}} - V_{cono} - V_{cabeza} \quad \text{Ec 8}$$

El volumen del cono se calcula como:

Ecuación 9. Cálculo del volumen del cono.

$$V_{cono} = V_{T_{solidos}} * \frac{1}{4} = \frac{60L}{4} = 15L \quad \text{Ec 9}$$

El volumen de la cabeza se define como:

Ecuación 10. Cálculo del volumen de la cabeza.

$$V_{cono} = V_{T_{solidos}} * \frac{1}{8} = \frac{60L}{8} = 7,5L \quad \text{Ec 10}$$

Finalmente, el volumen del cilindro resulta:

$$V_{cilindro} = (60 - 15 - 7,5)L = 37,5 L$$

El radio del cilindro puede ser calculado a partir de la relación de  $2/3 \cdot H$  y el volumen del cilindro como:

Ecuación 11. Radio del cilindro.

$$\frac{3}{4}R = \frac{V_{cilindro}}{\pi * R^2} \quad \text{Ec 11}$$

Despejando el valor del radio:

$$R = \frac{4 * V_{cilindro}^{\frac{1}{3}}}{3 * \pi}$$

Dando resolución al problema el radio resulta como:

$$R = \left( \frac{4 * V_{cilindro}}{3 * \pi} \right)^{\frac{1}{3}} = R = \left( \frac{4 * 37,5E - 3 m^3}{3 * \pi} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,252 m$$

Por tanto, el diámetro se puede expresar como:

Ecuación 12. Diámetro del cilindro.

$$D = 2 * R = 2 * 0,252m = 0,503 \approx 0,5m \quad \text{Ec 12}$$

La altura del cilindro se puede estimar como:

Ecuación 13. Altura del cilindro.

$$H = \frac{3}{2} * D = 0,75m \quad \text{Ec 13}$$

La altura del se calcula como:

Ecuación 14. Altura del cono.

$$H_{cono} = \frac{V_{cono} * 3}{\pi * R^2} = \frac{15 * 10^{-3} m^3 * 3}{\pi * 0,252m^2} = 0,226m \quad Ec \ 14$$

La altura de la cabeza se calcula como:

Ecuación 15. Altura de la cabeza del cono.

$$H_{cab} = \frac{V_{cabeza} * 6}{\pi * D^2} = \frac{7,5 * 10^{-3} m^3 * 6}{\pi * 1m^2} = 0,056m = 5,6 \text{ cm} \quad Ec \ 15$$

Finalmente, las dimensiones de la tolva son las siguientes:

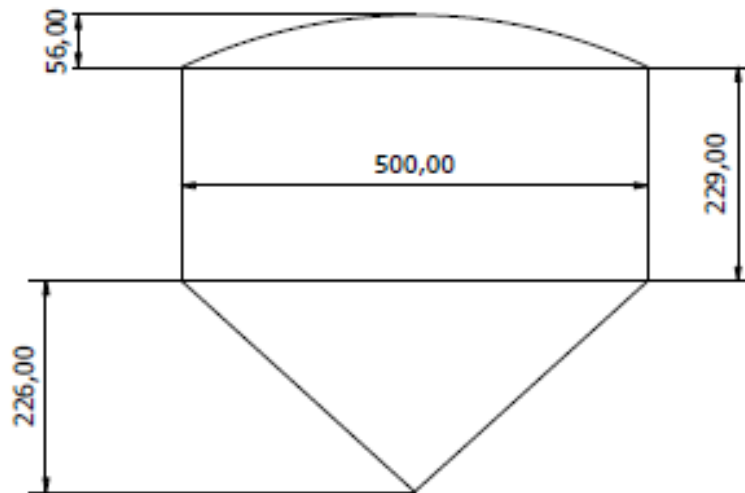


Figura 14. Dimensiones de tanques contenedores expresadas en mm. Fuente: Propia.

El tanque estará construido en acero 304 de 8 mm de espesor y el peso puede ser estimado como:

Ecuación 16. Peso del tanque.

$$W = \rho_M * t * \left[ \pi^{\frac{1}{3}} * (6V)^{\frac{2}{3}} \right] = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0,008m * \left( \pi^{\frac{1}{3}} * (6 * 60 * 10^{-3}m^3)^{\frac{2}{3}} \right) \quad Ec \ 16$$

$$= 46,53 \ kg.$$

Para la estimación de los cotos se empleó la siguiente ecuación:

Ecuación 17. Estimación de costo del tanque.

$$C = F_M * e^{(2,631+1,3673*\ln(V))} \quad Ec \ 17$$

Siendo  $F_m$  el factor de costo y  $V$  el volumen expresado en  $ft^3$  mostrado en la tabla de los anexos (Walas, 1990).

$$C = 2,4 * e^{(2,631+1,3673*\ln(2.119))} = 93,059 \ USD$$

Debido a que el cálculo del precio del tanque se encuentra estimado para el año 1990, es necesario conocer su valor actual, esto se puede estimar conociendo el índice de precio al consumidor a través de la ecuación de interés compuesto:

Ecuación 18. Valor futuro.

$$VF = VP * (1 + i)^n \quad Ec \ 18$$

VF es el valor futuro estimado para el año deseado, VP es el valor presente o el costo calculado,  $i$  es el índice de precio al consumidor registrado en el periodo de estudio,  $n$  es el periodo de tiempo.

$$VF = 93,059USD * (1 + 0.024014)^{30} = 189,55 \ USD$$

El costo de fabricación del tanque es de 189,55 USD, adicionalmente, tiene un costo asociado de instalación que puede ser calculado como:

Ecuación 19. Costo total del tanque.

$$Costo_{total} = VF * 1.8 = 189,55 \text{ USD} * 1.8 = 341,19 \text{ USD}$$

Ec 19

De forma análoga se definen las cámaras de purga T-102 y T-103.

### Dimensionamiento del horno de lecho fluidizado para el craqueo térmico.

El horno R-101 donde tiene lugar el craqueo térmico de los distintos plásticos en un lecho fluidizado con gas nitrógeno, se encuentra recubierto por una chaqueta de calentamiento, alimentada por gases de combustión.

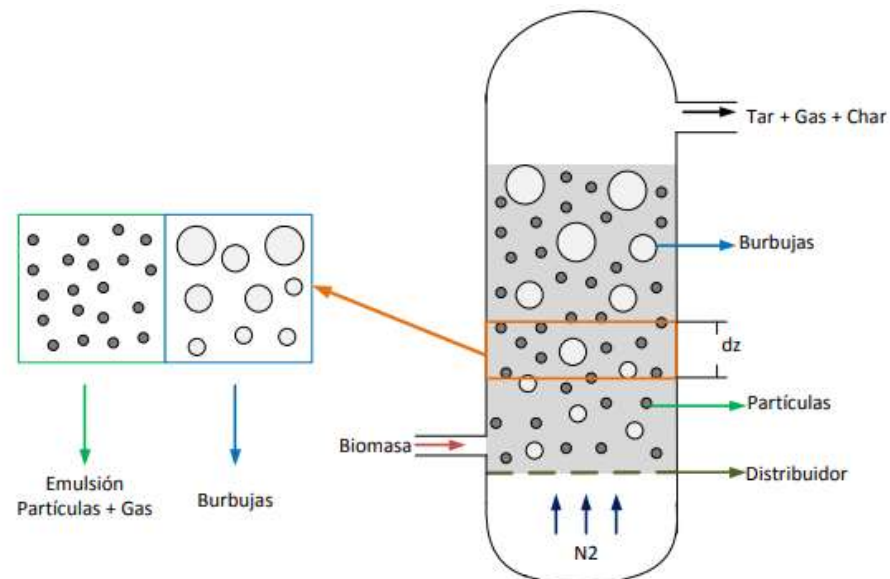


Figura 15. Descripción del funcionamiento del horno de pirólisis (Blanco Leal, 2014).

El rendimiento de la conversión del plástico en fuel oil varía según el tiempo de residencia de las partículas como:

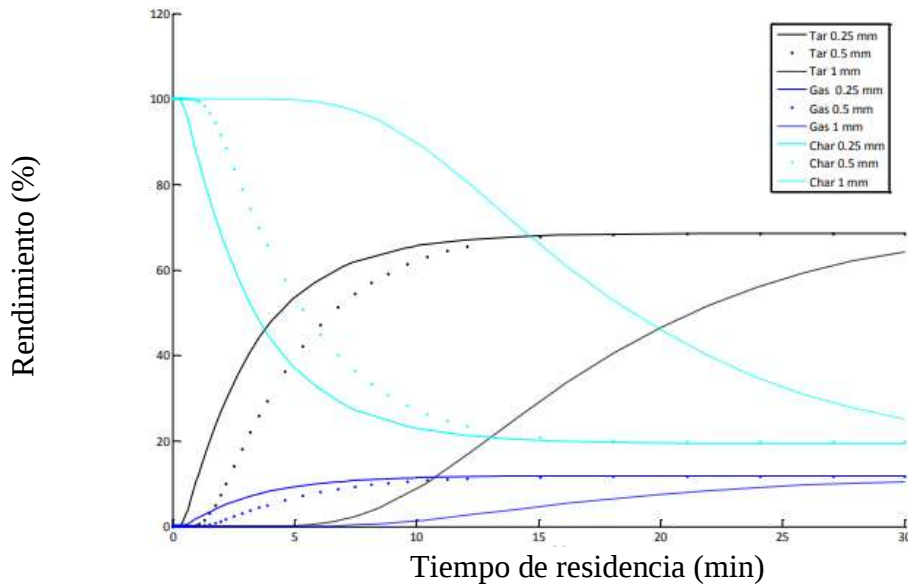


Figura 16. Distribución de rendimientos del proceso de pirólisis (Blanco Leal, 2014).

Obsérvese de la figura 16 que el tiempo de residencia para obtener un rendimiento óptimo de fueloil (rotulado como TAR en la figura) es de aproximadamente 30 minutos, lográndose alcanzar un rendimiento cercano al 65%, con 5% de carbonilla y 30% de gases no condensables. Por otro lado, la evacuación de las partículas calcinadas ocurre por arrastre de partículas, puesto que la densidad de estas disminuye conforme son calcinadas y, por tanto, disminuye su velocidad mínima de arrastre.

Un factor importante antes de determinar el volumen requerido por el lecho de partículas es conocer la distribución y el arreglo de estas. Para esto se considera que las partículas cuentan con una porosidad mínima de fluidización de 0,5, por lo cual el volumen se puede calcular de la siguiente forma:

Ecuación 20. Volumen del lecho.

$$V_L = \frac{VT}{\varepsilon mf} * t = \frac{62,38 \frac{L}{hr}}{0,5} * 0,5 \text{ hr} = 62,38 \text{ L} \quad \text{Ec 20}$$

La velocidad mínima de fluidización del lecho de partículas se estima en 0,1 m/s con la finalidad de lograr esto con la menor cantidad de agente fluidizante se establece un diámetro del reactor de 40 cm.

Finalmente, la altura del lecho de partículas se puede calcular como:

Ecuación 21. Altura del lecho.

$$H_L = \frac{V_L}{\pi * R^2} = \frac{62.38L}{\pi * 0,2m^2} = 0,496m$$

Ec 21

Se estimó a su vez que el reactor debe contar con una altura libre de partículas para permitir la correcta evacuación de las partículas calcinadas, por ello se establece la siguiente relación.

Ecuación 22. Altura real del tanque.

$$H_r = 4 * H_L = 4 * 0,496m = 1,984 m$$

Ec 22

### Balance de Materia.

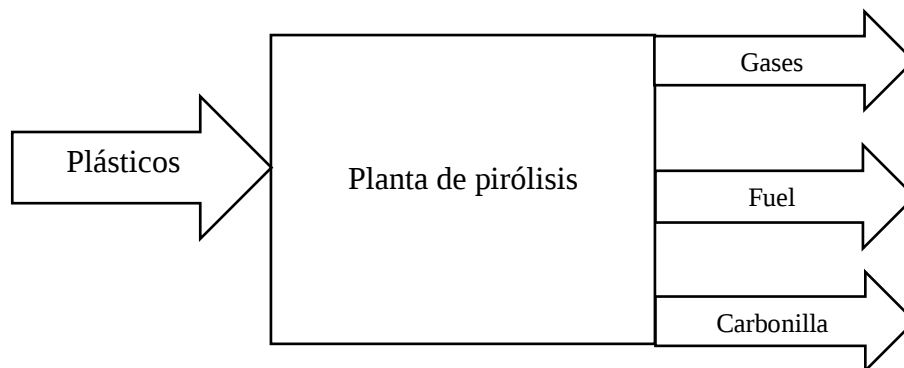


Figura 17. Esquema de balance de materia para la planta de pirólisis.

| <b>Compuesto</b>     | <b>Corrientes</b> |          |          |          |
|----------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| <b>Flujo (kg/hr)</b> | <b>1</b>          | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| Plásticos            | 57,08             | -        | -        | -        |
| Gases                | -                 | -        | 17,12    | -        |
| Fuel                 | -                 | 37,10    | -        | -        |
| Carbonilla           | -                 | -        | -        | 2,85     |
| Total                | 57,08             | 37,10    | 17,12    | 2,85     |

Tabla 10. Balance de material de los compuestos principales que se involucran en el proceso.

Expresado en toneladas por año el balance se puede describir como:

| <b>Compuesto</b>      | <b>Corrientes</b> |          |          |          |
|-----------------------|-------------------|----------|----------|----------|
| <b>Flujo (Tn/año)</b> | <b>1</b>          | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
| Plásticos             | 500,00            | -        | -        | -        |
| Gases                 | -                 | -        | 150,00   | -        |
| Fuel                  | -                 | 325,00   | -        | -        |
| Carbonilla            | -                 | -        | -        | 25,00    |
| Total                 | 500,00            | 325,00   | 150,00   | 25,00    |

Tabla 11. Balance de material anual de los compuestos principales, que se involucran en el proceso.

Los cálculos de los balances de materia se realizaron con las siguientes ecuaciones:

Ecuación 23. Balance de fueloil.

$$Fueloil = Plasticos * X_{fueloil} \quad Ec \ 23$$

Ecuación 24. Balance de carbonilla.

$$Carbonilla = Plasticos * X_{carbonilla} \quad Ec \ 24$$

Ecuación 25. Balance de gases.

$$Gases = Plasticos * (1 - X_{fueloil} - X_{carbonilla}) \quad Ec \ 25$$

Adicionalmente, el equipo debe estar provisto por una cámara de combustión, para ser empleada como fuente de energía, por lo cual se estima que el horno cuente con las siguientes características.



Figura 18. Imagen del horno de pirólisis de plástico (CALTEC, 2020).

Se estima que el costo del horno ronde los 5000 USD.

Referente al stock de materias primas el presente proyecto plantea contar con un stock de 15 días de materia prima que surtirá al horno de pirólisis, permitiéndole operar continuamente. El tratamiento de estos materiales debe realizarse a través del equipo de molienda y luego ser empacado para su posterior utilización en la planta. Dicho esto, se puede estimar las cantidades de plástico y producto en un periodo de 5 años.

| Compuesto | Año    |        |        |        |        |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      |
| Plástico  | 220,80 | 254,64 | 288,48 | 322,32 | 390,00 |
| Fuel (Tn) | 143,52 | 165,52 | 187,51 | 209,51 | 253,50 |
| Fuel (m3) | 127,73 | 147,31 | 166,89 | 186,46 | 225,62 |

Tabla 12. Stocks de producto y materia prima anual.

Se dispondrá de un galpón habilitado para el almacenamiento de las materias primas y de un tanque de 20.000 L para almacenar el combustible procesado.

### Selección de condensadores.

Una vez los plásticos son convertidos a estado gaseoso en el horno, estos deben ser condensados en dos etapas. En la primera, se estima que la temperatura del fueloil cuenta con una entalpia de vaporización de 10.900 kcal/Kg (45605,6 KJ/kg) (Energia12, 2012) y la capacidad calorífica de este en forma gaseosa puede ser calculada según la siguiente ecuación (Fajardo Muñoz & Paez Fajardo, 2016).

Ecuación 26. Capacidad Calorífica.

$$Cp(T) = 6,34R * (A_1 + A_2T + A_3T^2 + A_4T^3 + A_5T^4) \quad \text{Ec 26}$$

Donde,

$$A_1 = 12,5$$

$$A_2 = 1,01E-2$$

$$A_3 = 2.22E-4$$

$$A_4 = -285E-7$$

$$A_5 = 1.12E-10$$

R es la constante universal de los gases en J/molK

T es la temperatura en Kelvin

En una primera etapa se condensan los gases pesados desde 450°C a 250°C, se estima que al menos el 40% de la corriente gaseosa que es expulsada del horno se compone por gases pesados y este valor puede variar según la materia prima a procesar. De acuerdo con esto, el primer paso se centra en estimar la capacidad calorífica con la temperatura media.

Ecuación 27. Temperatura media.

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2} = \frac{(723 + 523)}{2} = 623K \quad \text{Ec 27}$$

Finalmente, la capacidad calorífica se calcula como:

$$C_p(T) = 6,34R * (A_1 + A_2 623K + A_3 623K^2 + A_4 623K^3 + A_5 623K^4) = 2125,94 \text{ J/mol} \cdot K$$

Conociendo que el peso molecular del fueloil es aproximadamente 211 g/mol se puede expresar la capacidad calorífica en función de la masa como:

Ecuación 28. Capacidad calorífica en función de la masa.

$$C_p(T) = \frac{2125,94 \frac{J}{mol \cdot K}}{211 \frac{g}{mol}} = 10,07 \frac{J}{g \cdot K} \quad \text{Ec 28}$$

El calor que es necesario retirar dentro del equipo de intercambio se puede estimar como:

Ecuación 29. Calor.

$$Q = C_p * M * (T_s - T_e) - Dh_{vap} * X \quad \text{Ec 29}$$

Donde,

M el flujo másico.

Cp la capacidad calorífica expresada por unidad de masa.

Ts la temperatura de salida.

Te La temperatura de entrada.

Dhvap La entalpia estándar de vaporización.

X la fracción de calidad.

$$Q_1 = \left( 10,07 \frac{KJ}{kg \cdot K} * (300 - 450)K - 45605,6 \frac{KJ}{KG} * 0.4 \right) * 57,08 \frac{kg}{hr}$$

$$Q_1 = -1.156.226,17 \frac{KJ}{hr} = 321,17 kW$$



Figura 19. Imagen del condensador seleccionado, (MOSKAR, 2020).

Posteriormente, se realizó el mismo cálculo para la segunda fase de enfriamiento donde se estima que se condensarán los gases livianos.

$$Q2 = \left( 10,07 \frac{KJ}{kg * K} * (150 - 250)K - 45605,6 \frac{KJ}{KG} * 0.8 \right) * 57,08 \frac{kg}{hr} * 0.4$$

$$Q2 = -867.501,38 \frac{KJ}{hr} = 240,97 kW$$

Ambos condensadores fueron seleccionados por catálogo y su costo ronda los 2000 USD.

### **Selección de separador flash.**

La destilación flash consiste en la vaporización de una fracción definida del líquido en una forma tal que el vapor que se forma está en equilibrio con el líquido residual, la separación del vapor y el líquido, y posterior condensación del vapor. (McCabe, Smith, & Harriott, 2007)

Por lo general, en el horno de pirólisis tiene lugar la transformación de plástico en fueloil y gases, estos gases livianos que no pueden ser condensados son enviados a un separador flash donde son divididos en la mezcla líquido más vapor proveniente de la corriente de salida del circuito de refrigeración.

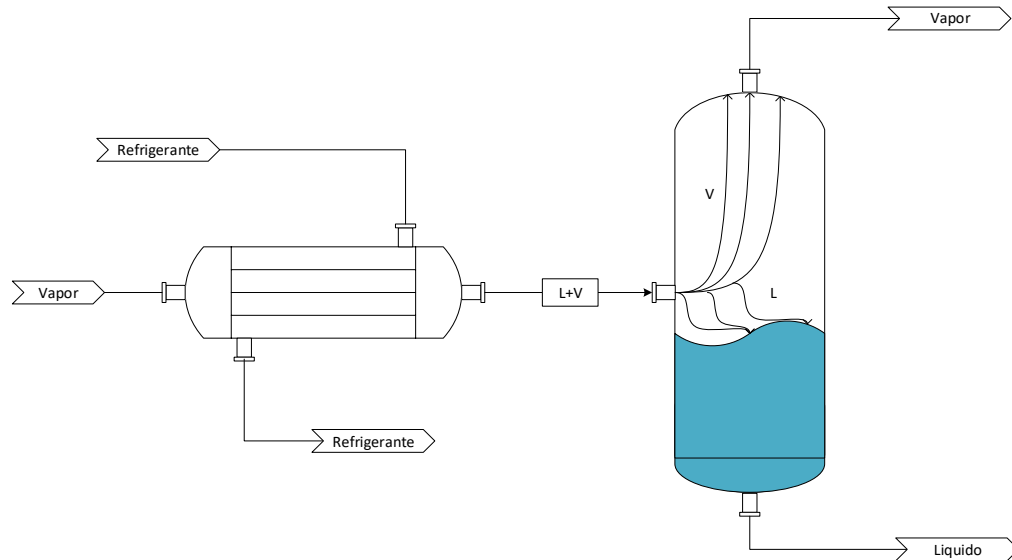


Figura 20. Esquema de un proceso de separación flash. (Fuente propia).

Se estimó que el separador flash tenga el doble del volumen que los tanques de proceso, y su costo ronda los 1.000 USD.

### Servicios auxiliares

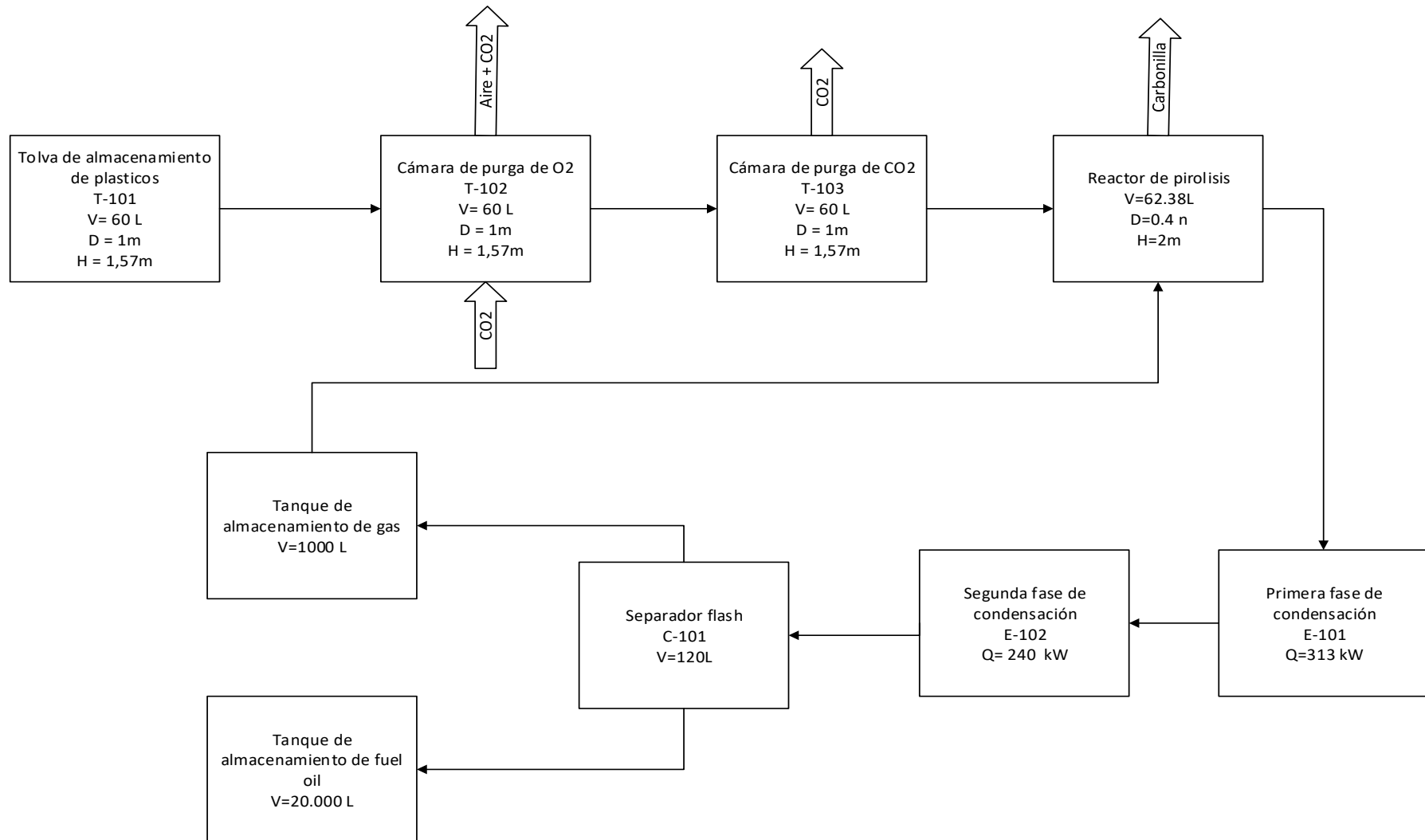
Para refrigerar el agua de los condensadores se utilizarán enfriadores estilo torre de enfriamiento debido a que este tipo de equipo tiene la mejor relación precio- calidad. El parámetro más importante a la hora de dimensionar una torre de enfriamiento es la altura de la misma seguida por el caudal de líquido refrigerado requerido por los equipos de la instalación. (Walas, 1990)

Se seleccionó un enfriador por catálogo que tiene la capacidad frigorífica y de caudal requeridos para la instalación.



Figura 21. Enfriador. (IFACA, 2020).

### Diagrama de flujo del proceso de pirólisis.



## Lay Out

Un diseño de lay out correcto debe tener en cuenta los distintos procesos que se realizan en la planta, disminuyendo distancias y trayectos. Así mismo, este debe garantizar la seguridad de todas las personas que trabajan en la planta.

Como se menciona anteriormente, el dimensionamiento se realiza para una carga de 500 m<sup>3</sup> equivalentes a 500 toneladas métricas anuales, por lo cual se considera un caudal aproximado de trabajo mensual de 42.000 kg/mes.

Debido a la situación actual no es posible consultar los terrenos disponibles en el Parque Industrial de Jujuy por lo que se supone los espacios mínimos necesarios para operar.

La planta de pirólisis se dividirá en dos sectores, el primero será el que integra los procesos productivos y el otro las oficinas administrativas.

En el sector productivo se encuentran:

- Almacén de plásticos
- Laboratorio
- Oficina del Gerente de Fabricación
- Baños y vestuarios

Para garantizar la seguridad de los trabajadores de la planta, se seguirá lo establecido por la Ley N° 19.587 de Higiene y Seguridad en el Trabajo y la Ley N° 13.660, relativa a la seguridad de las instalaciones de elaboración, transformación y almacenamiento de combustibles sólidos minerales, líquidos y gaseosos y sus reglamentaciones.

Nomenclatura utilizada:

- TR – 101 : Mecanismo de trituración de plástico
- T – 101: Tolva de almacenamiento de plásticos
- T – 102: Cámara de purga de O<sub>2</sub>
- T – 103: Cámara de purga de CO<sub>2</sub>

- R- 101: Reactor de pirólisis
- E – 101: Primera fase de condensación
- E – 102: Segunda fase de condensación
- C – 101: Separador flash
- TE – 101: Enfriador
- TA – 101: Tanque de almacenamiento de gas
- TA – 102: Tanque de almacenamiento de fuel oil

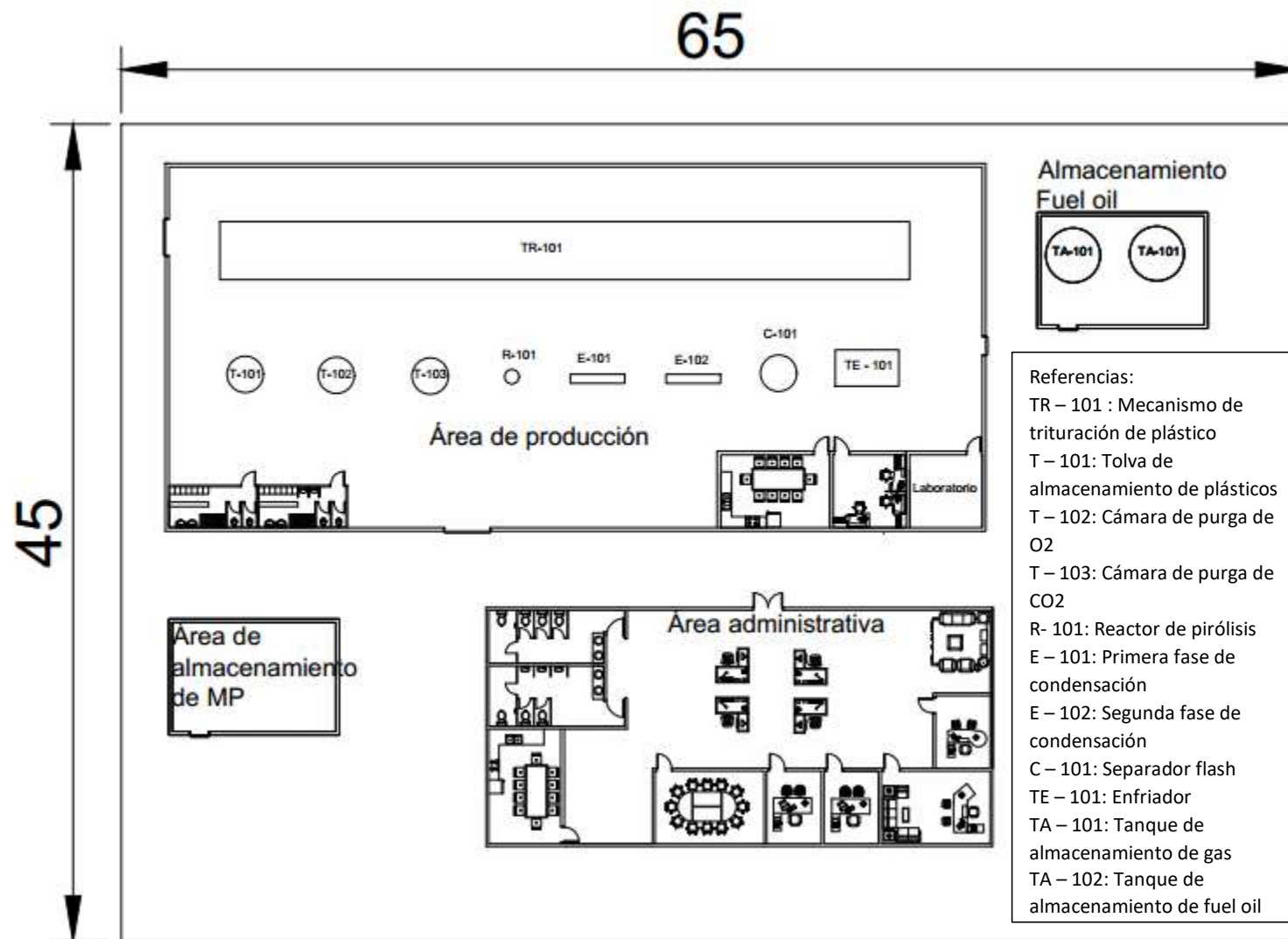


Figura 22. Lay out (Fuente propia)

### **Estudio legal y organizacional**

En este apartado se presentan las leyes vinculadas con el proyecto, así como también la estructura organizacional y salarios de los distintos cargos dentro de la planta.

La empresa se organiza en una sección de gerencia general y de staff, conformada por un presidente y un gerente general. Seguidamente, se ubican las gerencias divisionales o superiores, que son las encargadas de afrontar las distintas responsabilidades en cada macro sector, estas se componen por un gerente encargado del sector de fabricación, cuya función es velar por la producción de la planta. Adicionalmente, se tiene un gerente en administración y finanzas, cuya misión es aportar información detallada a la gerencia general sobre los flujos de caja de la empresa. Por último, en esta sección se encuentra el gerente de comercio, encargado de establecer las estrategias de marketing de servicio y ventas a los respectivos clientes.

Las gerencias departamentales, se componen por 6 unidades ejecutoras, que se encargan de velar por el cumplimiento de las tareas y supervisar las distintas actividades de la planta, esta se compone por:

- Ingeniero químico superior: se encarga de organizar las actividades del sector productivo, su deber es delegar sobre los distintos supervisores de planta para que estos a su vez controlen y den instrucciones a los operarios. A su vez, esta figura se encarga de coordinar en conjunto con los químicos los ensayos de laboratorio para garantizar los parámetros de calidad de la materia prima y del producto terminado.
- Administrativo y finanzas: se encarga de recolectar todos los datos del flujo de dinero dentro de la empresa, desde el pago de servicios hasta las compras y ventas realizadas, con la finalidad de suministrar esta información al gerente de administración y finanzas.
- Compras y atención al cliente: es el encargado de ofrecer el servicio de destrucción a las aduanas interesadas y comercializar el fueloil producido, empleando diversas estrategias de marketing.
- Ventas: se encarga de la parte técnica del proceso de ventas, ofreciendo información detallada sobre el servicio y detalles técnicos del producto a comercializar.

Los turnos de trabajo se rigen según la normativa 11.544 que enuncia lo siguiente: la jornada de trabajo no debe superar las 8 horas diarias o las 48 horas semanales. Si trabajas de noche, eres menor de 18 años o tu trabajo es peligroso para la salud, la jornada laboral es reducida. Por tal motivo, al operar la planta los 365 días del año y las 24 horas del día, se decide seccionar la operación en tres (3) turnos para los sectores productivos:

- Turno mañana de 7 a 15 horas.
- Turno tarde de 15 a 23 horas.
- Turno noche de 23 a 7 horas.

La Ley 24.013 establece el valor del salario mínimo con el que deben contar los empleados, siendo este de 16.875 pesos. No obstante, según el organigrama la distribución del salario se establecerá de la siguiente manera, en base a múltiplos del salario mínimo, ver Tabla 13.

| <b>Cargo</b>                     | <b>Múltiplo</b> | <b>Salario por empleados</b> | <b>Empleados</b> | <b>Total</b> |
|----------------------------------|-----------------|------------------------------|------------------|--------------|
| Salario mínimo                   | 1               | 16.875,00                    | 0                | 0            |
| Operario/porteros                | 1,5             | 25.312,50                    | 22               | 556.875,00   |
| Técnico químico                  | 1,8             | 30.375,00                    | 3                | 91.125,00    |
| Supervisores                     | 1,8             | 30.375,00                    | 3                | 91.125,00    |
| Técnicos de mantenimiento        | 1,8             | 30.375,00                    | 5                | 151.875,00   |
| Ingeniero químico general        | 2,5             | 42.187,50                    | 1                | 42.187,50    |
| Ingeniero electromecánico        | 2,5             | 42.187,50                    | 1                | 42.187,50    |
| Gerente de personal              | 1,8             | 30.375,00                    | 1                | 30.375,00    |
| Administrativo y finanzas        | 1,8             | 30.375,00                    | 1                | 30.375,00    |
| Compras y atención al cliente    | 1,8             | 30.375,00                    | 1                | 30.375,00    |
| Ventas                           | 1,8             | 30.375,00                    | 1                | 30.375,00    |
| Gerente de fabricación           | 3               | 50.625,00                    | 1                | 50.625,00    |
| Gerente administrativo/comercial | 3               | 50.625,00                    | 1                | 50.625,00    |
| Gerente general                  | 5               | 84.375,00                    | 1                | 84.375,00    |
| Total /mes                       |                 |                              | 42               | 1.282.499,00 |

Tabla 13. Distribución de salarios por cargo.

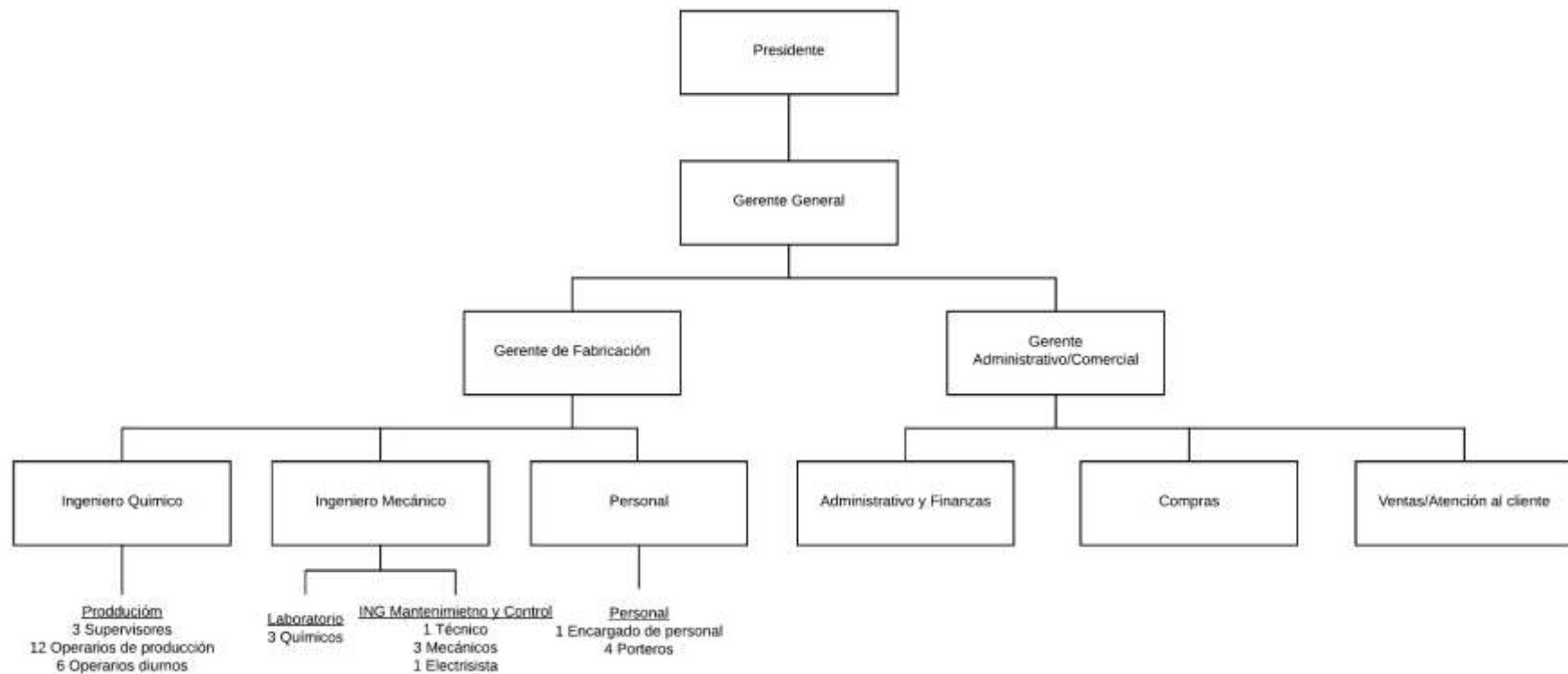


Figura 23. Organigrama de la empresa (Fuente propia).

## Licitación

El proceso de destrucción comienza cuando la Dirección General de Aduanas Región Noroeste genera un pedido de destrucción mediante un pliego de bases y condiciones.

□

### PLIEGO DE BASES Y CONDICIONES PARTICULARES

|                                  |                                                   |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|
| Nombre del organismo contratante | AFIP - DGA - DIRECCIÓN REGIONAL ADUANERA NOROESTE |
|----------------------------------|---------------------------------------------------|

### PROCEDIMIENTO DE SELECCIÓN

|                                                                                                            |    |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|------------------------|
| Tipo: <b>CONTRATACION DIRECTA</b>                                                                          | N° | Ejercicio: <b>2018</b> |
| Clase: <b>Etapa Unica Nacional</b>                                                                         |    |                        |
| Modalidad: <b>Sin Modalidad</b>                                                                            |    |                        |
| Expediente N°                                                                                              |    |                        |
| <b>Objeto de la contratación:</b> Servicio de Recolección y Destrucción de Mercaderías depositadas en TASA |    |                        |
| <b>Costo del pliego:</b> Sin valor                                                                         |    |                        |

### PRESENTACIÓN DE OFERTAS

| Lugar / Dirección                                                                                                                                     | Plazo y Horario                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| AFIP - DGA - DIRECCIÓN REGIONAL ADUANERA NOROESTE - SECCION ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA - Dean Funes N° 29 - Salta - CP (4400) - Provincia de Salta.- | Todos los días hábiles de 08:00 hs. a 13:00 hs.. |

### ACTO DE APERTURA

| Lugar / Dirección                                                                                                                                     | Día y Hora              |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
| AFIP - DGA - DIRECCIÓN REGIONAL ADUANERA NOROESTE - SECCION ADMINISTRATIVA Y FINANCIERA - Dean Funes N° 29 - Salta - CP (4400) - Provincia de Salta.- | A las 11:00 hs. del día |

### *Pliego de Bases y Condiciones*

En el mismo se presentan los objetivos del pliego:

**1-Objeto:** Servicio de Recolección y Destrucción de Mercaderías almacenadas en los Depósitos de las Aduanas del Interior del País y su posterior Disposición Final con la emisión del certificado correspondiente conforme las normativas vigentes.

Se cumple en agregar que los depósitos mencionados en el párrafo anterior incluyen a los 2 Depósitos Generales (Sec. Depósito General A y Sec. Depósito General B).

### *Pliego de Bases y condiciones*

Y la descripción del servicio a contratar, que se realizan en dos reglones:

**Renglón N° 1**

Servicio de Recolección de las mercaderías que se encuentran almacenadas en los Depósitos de las Aduanas del Interior del País, incluyendo las Secciones Depósitos Generales A y B. Este servicio implica el servicio de manipuleo y carga en el medio de transporte de la mercadería a egresar de los depósitos de Aduana como así también el manipuleo y descarga del medio de transporte de la mercadería que se procederá a destruir.

**Renglón N° 2**

Servicio de Destrucción y Disposición Final de la mercadería. Este servicio se iniciará una vez que las mercaderías objeto de destrucción hayan sido descargadas del medio de transporte, allí el adjudicatario efectuará, a su cargo, los pesajes correspondientes (Pesaje 1: Medio de transporte Cargado. Pesaje 2: Medio de Transporte Vacio. La diferencia será el valor a conformar) de la mercadería a destruir en una báscula habilitada con el correspondiente control del personal aduanero que a tales fines se haya designado (El agente aduanero deberá firmar ambos ticket). Posteriormente se procederá a la destrucción, dentro de límites de las normativas vigentes.

### Estudio ambiental y de seguridad.

Diversos estudios tienen que ser ejecutados antes de la puesta en marcha de la planta para garantizar el cumplimiento de las normas vigentes vinculadas al cuidado del medio ambiente. Cabe resaltar que en el año 2001 operó una planta similar en Jujuy, por lo cual, se espera la misma aprobación que esta obtuvo en su momento (Rios, 2011), destacando que esta nueva tecnología es amigable con el ambiente.

### Emanaciones ambientales

La planta de procesamiento no cuenta con emanaciones tóxicas al medio ambiente. El fueloil obtenido como subproducto será comercializado. Los procesos de la planta de pirólisis se ajustan a los límites de emanaciones establecidos en el decreto 3395/1996:

| Contaminante                                              | Símbolo         | Mg/m3                               | Ppm                                | Período de Tiempo            |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|
| Dióxido de Azufre                                         | SO <sub>2</sub> | 1,300 (1)<br>0,365 (1)<br>0,080 (4) | 0,50 (1,2)<br>0,14 (1)<br>0,03 (4) | 3 horas<br>24 horas<br>1 año |
| Material particulado en suspensión                        | PM-10           | 0,050 (4)<br>0,150 (1)              |                                    | 1 año<br>24 horas (3)        |
| Monóxido de Carbono                                       | CO              | 0,235 (1)                           | 0,12 (1)                           | 1 hora                       |
| Ozono (Oxidantes Fotoquímicos)                            | O <sub>3</sub>  | 0,235 (1)                           | 0,12 (1)                           | 1 hora                       |
| Óxidos de Nitrógeno (expresado como dióxido de nitrógeno) | NO <sub>x</sub> | 0,400<br>0,100                      | 0,2<br>0,053 (4)                   | 1 hora<br>1 año              |
| Plomo (5)                                                 | Pb              | 0,0015 (1)<br>(media aritmética)    |                                    | 3 meses                      |

Tabla 14. Límites permitidos de emanaciones de gases contaminantes según el decreto 3395/1995.

- No puede ser superado este valor más de una vez al año.
- Corresponde a norma secundaria.
- 24 horas medidas entre el cero hora del día 1 y la cero hora del día 2.

- Media aritmética anual.
- Muestreado a partir de material particulado total (MPT).

El producto terminado es libre de azufre, puesto que el plástico procesado se encuentra ausente de este elemento, por lo cual, el proyecto se enmarca con la resolución SE 150/2008, el cual establece el contenido máximo de azufre que puede contener el fueloil. Este decreto se aprobó porque de contar con un alto contenido de azufre el fueloil al combustionar genera partículas de dióxido de azufre, las cuales resultan contaminantes a largo plazo, contribuyendo a la formación de lluvia ácida.

### **Seguridad en tuberías de alta temperatura:**

Para optimizar el proceso, preservar la energía y seguridad de los empleados es necesario recubrir las tuberías con material aislante, por lo que a continuación se presenta la forma en que varía la temperatura de superficie en función del espesor del aislante a utilizar. El algoritmo se muestra en la figura 26, y el script de cálculo se encuentra a detalle en el Anexo 5. Los resultados obtenidos son los siguientes:

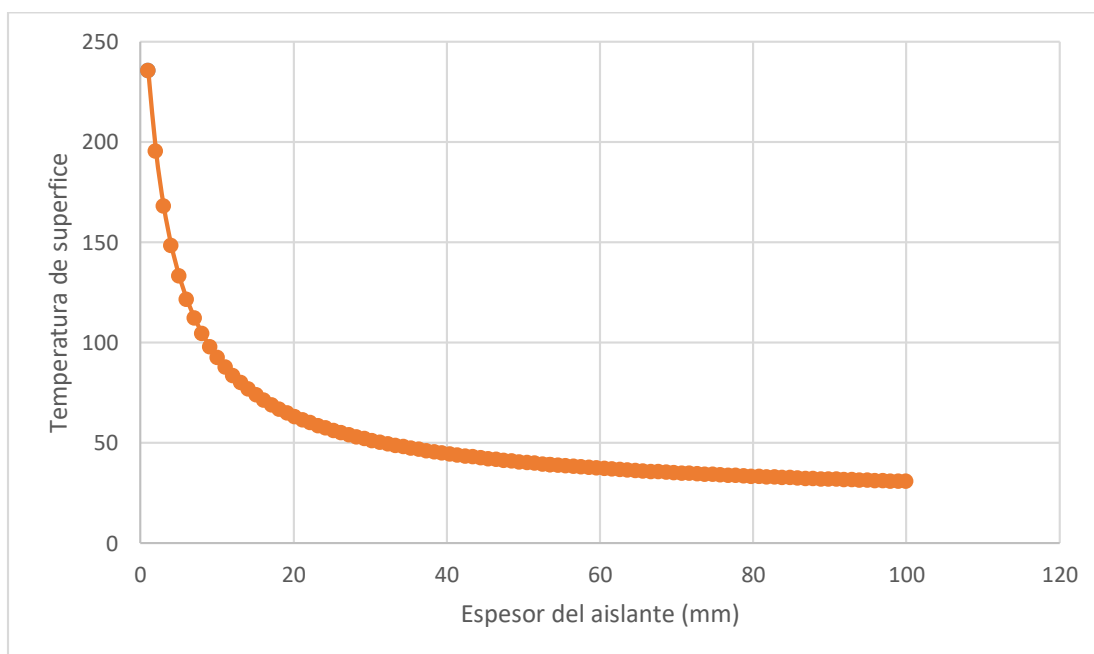


Figura 24. Esquema de un proceso de separación flash. (Fuente propia).

Las pérdidas térmicas también son analizadas como:

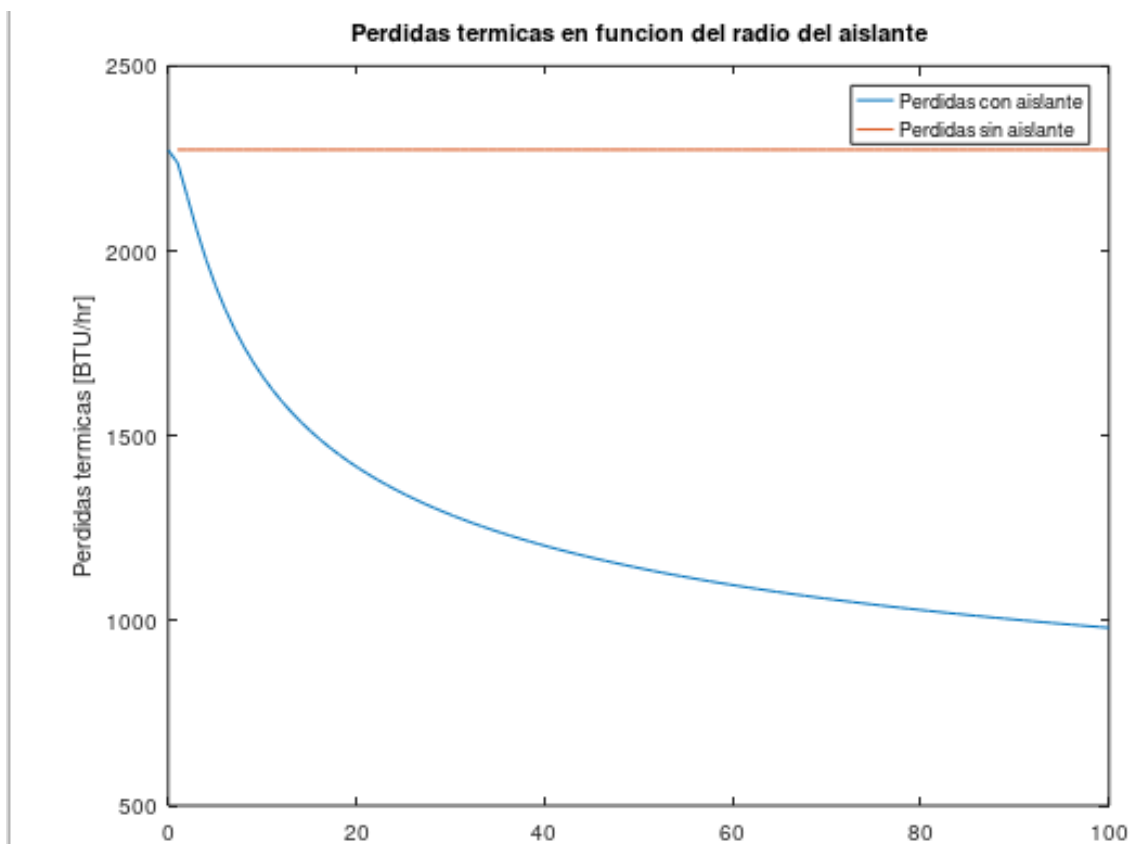


Figura 25. Pérdidas térmicas en tubería en función del radio del aislante.

Para salvaguardar la salud de los trabajadores se decide emplear un espesor de aislante de 17 mm. Aproximadamente, para mantener la temperatura de superficie en 70°C.

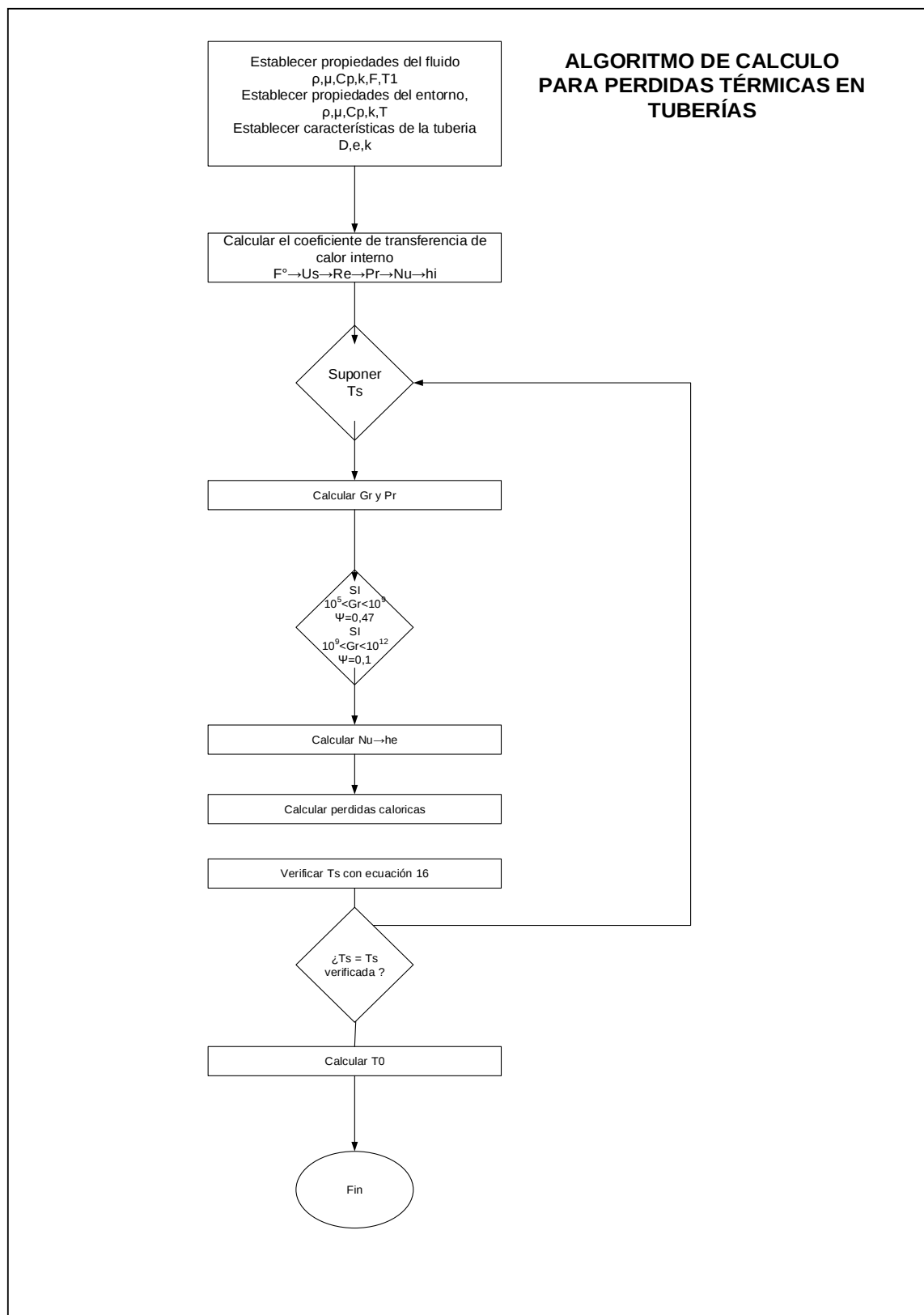


Figura 26. Algoritmo de cálculo para pérdidas térmicas en tuberías.

## Caracterización ambiental

Para llevar a cabo la caracterización ambiental se realiza la evaluación ambiental propuesta por (Gomez Orea & De Miguel, 1994), la cual es una herramienta que permite identificar cuantitativamente el impacto ambiental y los riesgos ocupacionales presentes en el proyecto.

A continuación, se muestra la herramienta que será para la evaluación de los riesgos del proyecto.

|                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>a) Conflictos potenciales con la comunidad:</b>                                                                                                                                                                                                      |    |
| - ¿El proyecto podría vincularse a conflictos con comunidades afectadas por deterioro ambiental?                                                                                                                                                        | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse a conflictos con población en particular estado de protección?                                                                                                                                                         | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse a conflictos con otros inversionistas?                                                                                                                                                                                 | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse a conflictos con autoridades y líderes locales?                                                                                                                                                                        | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse a conflictos internacionales o con países vecinos?                                                                                                                                                                     | NO |
| - Otros                                                                                                                                                                                                                                                 | NO |
| <b>b) Inducción de desastres y emergencias:</b>                                                                                                                                                                                                         |    |
| - ¿El proyecto podría vincularse con riesgos de desastres por factores naturales inesperados (terremotos, maremotos, huracanes, erupciones volcánicas, inundaciones, sequías, incendios forestales, derrumbes, aluviones, aludes, socavamientos, etc.)? | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse con riesgos asociados a factores humanos (explosiones, derrames de petróleo y productos químicos)?                                                                                                                     | NO |
| - Otros                                                                                                                                                                                                                                                 | NO |
| <b>c) Impactos significativos sobre el ambiente socioeconómico y cultural:</b>                                                                                                                                                                          |    |
| - ¿El proyecto podría vincularse con la ocupación de nuevas tierras en zonas de importancia ecológica?                                                                                                                                                  | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse con obstrucción del acceso a recursos que sirven de base para alguna actividad o subsistencia de comunidades?                                                                                                          | NO |
| - ¿El proyecto podría vincularse con afectación, modificación y/o deterioro de algún monumento nacional? (monumentos históricos, monumentos públicos, monumentos arqueológicos, zonas típicas, santuarios de la naturaleza, etc.)                       | NO |

- ¿El proyecto podría vincularse con la generación de procesos de ruptura de redes o alianzas sociales? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos, especialmente grupos étnicos de alto interés? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración/inducción de ceremonias religiosas u otras manifestaciones propias de la cultura o del folclore del pueblo, comunidad o grupo humano? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con reasentamiento temporal o permanente de comunidades humanas? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con modificación, deterioro o localización en construcciones, lugares o sitios que, por sus características constructivas, por su antigüedad, por su valor científico, por su contexto histórico o por su singularidad, pertenecen al patrimonio cultural? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con creación de peligros para las personas? NO
- Otros NO

---

**d) Impactos significativos sobre la salud de la población:**

---

- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de cuerpos o cursos receptores que se usan como fuente de abastecimiento de agua potable? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con modificación de usos de agua que se encuentren destinados a distintos fines? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de cuerpos o cursos receptores de agua de los cuales se extraen organismos acuáticos para el consumo humano? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con utilización de materias inflamables, tóxicas, corrosivas, radiactivas, en las diferentes etapas de este? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con emisión de efluentes líquidos, gaseosos o combinaciones de ellos? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con generación, almacenamiento, transporte, reciclaje o disposición de residuos peligrosos ya sean líquidos, sólidos o gaseosos? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con generación de ruidos, vibraciones o radiaciones, especialmente en zonas habitadas por personas? NO

- ¿El proyecto podría vincularse con producción de residuos sólidos, domésticos o industriales, que por sus características constituyan un peligro sanitario? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con riesgo de proliferación de patógenos y vectores sanitarios? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con generación de alteraciones del entorno que causen molestias a las personas tales como malos olores, irritaciones, etc.? SI
- ¿El proyecto podría vincularse con la alteración de alimentos que ocasionen enfermedades o molestias a las personas? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con riesgos de accidentes y enfermedades en las personas, incluyendo afectación a seguridad industrial, higiene y salud ocupacional? SI
- Otros

---

**e) Impactos significativos sobre los recursos naturales:**


---

- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de cuerpos o cursos de agua de valor ecológico/ambiental? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración de la calidad del agua superficial (continental o marítima) y subterránea? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con inducción de procesos erosivos en el suelo o de zonas frágiles que favorezcan la destrucción de laderas? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de suelos en categorías de protección? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con degradación del suelo por erosión, compactación, acumulación de sales y/o vertido de contaminantes? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de la capacidad de carga? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración de pantanos o zonas de humedales? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de especies vulnerables, raras, insuficientemente conocidas o en peligro de extinción, de biota endémica? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con introducción de especies exóticas, particularmente cuando reemplazan especies endémicas o relictas? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación/explotación de especies en algún estado de conservación? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de biota nativa de especial valor ambiental? NO

- ¿El proyecto podría vincularse con la extracción, explotación, alteración o manejo de especies de flora y fauna que se encuentren en alguna categoría de conservación? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con la introducción de alguna especie de flora o de fauna, u organismos modificados genéticamente o mediante otras técnicas similares? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración de la diversidad biológica? NO
- Otros

---

**f) Impactos significativos sobre áreas protegidas y de valor ambiental:**

---

- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de ambientes que constituyen áreas de reproducción de especies de importancia por su estado de conservación, su endemismo o su interés cultural, turístico, etc.? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de ecosistemas únicos o frágiles? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con pérdida de hábitats de especies animales o vegetales que poseen distribución restringida o problemas de conservación? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de lugares que contengan especies en alguna categoría de conservación? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con áreas protegidas o zonas de amortiguamiento? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con modificaciones notorias o perjuicios en ecosistemas frágiles? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración de hábitats de relevancia para la fauna como sitios de nidificación, reproducción o alimentación? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración o interrupción de las rutas de migración o movimiento regular de especies? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración o modificación de las capacidades naturales de regulación hídrica en las cuencas? (cotas de inundación, embancamiento de depósitos, etc.) NO
- ¿El proyecto podría vincularse con alteración de la composición del agua de manera tal que se elimine o modifique la flora o fauna acuática? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación de especies relictas o endémicas? NO
- Otros

---

**g) Impactos significativos sobre el paisaje:**

---

Para esta herramienta de evaluación se realiza la siguiente valoración de los impactos ambientales, haciendo uso de algunos criterios presentados a continuación:

- ¿El proyecto podría vincularse con afectaciones causadas por la mayor densidad demográfica, la demanda excesiva de recursos naturales y las presiones sobre zonas ecológicamente vulnerables? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con deterioro del medio natural y humano, con pérdida de la conservación y/o recuperación del medio ambiente? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con modificaciones del paisaje y la existencia de belleza escénica? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con afectación, intervención o explotación de territorios con valor o riqueza paisajística? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con la afectación de recursos paisajísticos que sirven de base a la población? NO
- ¿El proyecto podría vincularse con áreas declaradas zonas o centros de interés turístico patrimonial? NO
- Otros

### **Valoración de los impactos ambientales.**

#### **Criterios usados**

**Carácter:** positivo, negativo y neutro, considerando a estos últimos como aquellos que se encuentran por debajo de los umbrales de aceptabilidad contenidos en las regulaciones ambientales.

**Grado de Perturbación en el medio ambiente:** clasificado como: importante, regular y escasa.

**Importancia desde el punto de vista de los recursos naturales y la calidad ambiental:** clasificado como: alto, medio y bajo.

**Riesgo de Ocurrencia:** entendido como la probabilidad que los impactos estén presentes, clasificado como: muy probable, probable, poco probable.

**Extensión o territorio involucrado:** clasificado como: regional, local, puntual.

**Duración a lo largo del tiempo:** clasificado como: “permanente” o duradera en toda la vida del proyecto, “media” o durante la operación del proyecto y “corta” o durante la etapa de construcción del proyecto.

**Reversibilidad para volver a las condiciones iniciales:** clasificado como: “reversible” si no requiere ayuda humana, “parcial” si requiere ayuda humana, e “irreversible” si se debe generar una nueva condición ambiental.

| Clasificación de impactos |                  |              |                   |
|---------------------------|------------------|--------------|-------------------|
| Carácter (C)              | Negativo (-1)    | Neutro (0)   | Positivo (1)      |
| Perturbación (P)          | Importante (3)   | Regular (2)  | Escasa (1)        |
| Importancia (I)           | Alta (3)         | Media (2)    | Baja (1)          |
| Ocurrencia (O)            | Muy Probable (3) | Probable (2) | Poco Probable (1) |
| Extensión (E)             | Regional (3)     | Local (2)    | Puntual (1)       |
| Duración (D)              | Permanente (3)   | Media (2)    | Corta (1)         |
| Reversibilidad (R)        | Irreversible (3) | Parcial (2)  | Reversible (1)    |
| TOTAL                     | 18               | 12           | 6                 |

Tabla 15. Clasificación de impactos.

| Valoración de impactos                        |                         |                    |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Impacto Total = C X (P + I + O + E + D + R) = |                         |                    |
| Negativo (-)                                  |                         |                    |
| Severo > (-) 15                               | Moderado (-) 15 > (-) 9 | Compatible < (-) 9 |
| Positivo (+)                                  |                         |                    |
| Alto > (+) 15                                 | Mediano (+) 15 > (+) 9  | Bajo < (+) 9       |

Tabla 16. Valoración de impactos.

## **Valorización de la importancia de un impacto**

### **1. Signo**

Beneficioso +

Perjudicial -

Previsible pero difícil de calificar?

Sin estudio de detalle X

### **2. Intensidad: puntuación cualitativa**

Baja 1

Media 2

Alta 3

### **3. Extensión**

Puntual 1

Parcial 2

Extenso (todo el ámbito) 3

### **4. Momento en que se produce**

Inmediato 3

Medio 2

Largo plazo 1

### **5. Persistencia**

Temporal 1

Permanente 3

### **6. Reversibilidad del efecto**

Imposible 4

Largo plazo 3

Medio plazo 2

Corto plazo 1

## 7. Posibilidad de introducir medidas de mitigación

En proyecto P

En obra O

En operación F

No es posible N

**Importancia del impacto** =  $3*1+2*1+1+1 = -7$  (min 7 - máx. 22).

3 (valor intensidad) + 2 (valor extensión) + valor del momento + valor de reversibilidad.

Fuente: **Gómez Orea, Domingo.** (1994). Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid: Agrícola Española S.A.

## Estudio Económico Financiero

### Inversiones del proyecto.

| Unidad                                | Precio (USD) |            |
|---------------------------------------|--------------|------------|
| Trituradora de materiales plásticos   | \$           | 300.000,00 |
| tanques de almacenamientos de solidos | \$           | 1.500,00   |
| Tanque de fueloil                     | \$           | 1.000,00   |
| Tanque de gas                         | \$           | 1.000,00   |
| Bombas centrifugas                    | \$           | 2.000,00   |
| Compresor                             | \$           | 2.000,00   |
| Pintura de recubrimiento              | \$           | 1.000,00   |
| Horno de craqueo                      | \$           | 5.000,00   |
| Set de condensadores                  | \$           | 4.000,00   |
| Torre de separación de gases          | \$           | 1.000,00   |
| Enfriador                             | \$           | 6.000,00   |
| Filtro de carbonilla                  | \$           | 4.000,00   |
| Total                                 | \$           | 328.500,00 |

Tabla 17. Inversión de equipamiento, los costos incluyen los gastos de instalación.

| Unidad                                                              | Precio (USD) |            |
|---------------------------------------------------------------------|--------------|------------|
| Total, de equipamiento e instalación                                | \$           | 328.500,00 |
| Instrumentos de control automático de procesos                      | \$           | 150.000,00 |
| Estructuras metálicas de soporte                                    | \$           | 30.000,00  |
| Tuberías, accesorios y aislantes                                    | \$           | 20.000,00  |
| Materiales de iluminación, instalaciones eléctricas y mecánicas.    | \$           | 20.000,00  |
| Grúas y maquinaria alquilada                                        | \$           | 50.000,00  |
| Instalación de servicios                                            | \$           | 10.000,00  |
| Edificaciones y mejoras de infraestructura                          | \$           | 150.000,00 |
| Construcción de laboratorios, baños, talleres, oficinas y depósitos | \$           | 15.000,00  |
| Cromatografía y aparatos de laboratorio                             | \$           | 60.000,00  |
| Instalaciones, adicionales, permisos, habilitaciones                | \$           | 35.000,00  |
| Total                                                               | \$           | 868.500,00 |

Tabla 18. Inversión total estimada en la planta de pirólisis.

### Gastos de salarios:

Los gastos debido a los salarios se ilustran en la Tabla 13, sin embargo, otro factor para tener en cuenta son los aguinaldos y cargas sociales que se pueden calcular como:

Ecuación 30. Total, de gastos por salarios.

$$Total = sueldos * (1 + Cargas.sociales) * 13 meses \quad Ec \ 30$$

Sabiendo que la carga social es del 35%.

$$Total = 1.282.449 \frac{\$}{mes} * (1 + 0.35) * 13 meses = 22.507.857,45 \frac{\$}{año}$$

Para el año 2020 la República Argentina presenta una economía volátil y cambiante, por lo cual, se tomará como patrón de cambio la siguiente tasa para hacer la conversión de pesos a dólares americanos: 80 \$/USD.

Por lo que la cantidad de gastos en cuanto a salarios se puede expresar en USD como:

Ecuación 31. Cálculo total de gastos en USD.

$$Total = \frac{22.507.857,4 \frac{\$}{año}}{80 \frac{\$}{USD}} = 281.348,21 \frac{USD}{año} \quad Ec \ 31$$

Gastos por mantenimiento:

Se estima que sean un 4% de la inversión inicial, por lo cual se puede estimar como:

Ecuación 32. Cálculo de gastos por mantenimiento.

$$Mantenimiento = 4\% * Inversion_{inicial} \quad Ec \ 32$$

$$Mantenimiento = 4\% * 868.500 = 34.740 \ USD$$

Gastos en gas natural: los gastos en servicio de gas son depreciados puesto que la planta cuenta con la capacidad para auto abastecerse por lo cual estos gastos pueden ser despreciados una vez puesta en régimen y en funcionamiento la planta.

Gastos de consumo de energía eléctrica:

Se estimará un promedio de 200 kWh de otras plantas similares y de los datos obtenidos de las fichas técnicas. Sabiendo que las tarifas se sitúan en 2.690,0 \$ (ver anexo 8, Tarifa T3 Grandes demandas con potencia contratada igual o mayor a 50 kW) y una tarifa plana de 1535,75\$. Entonces el gasto mensual de energía se puede calcular como:

Ecuación 33. Cálculo del gasto mensual de energía.

$$Energia = 2690,0 \frac{\$}{kWh} * 200 kWh + 1533,75 \$ = 539.533,75 \frac{\$}{mes} \quad Ec \ 33$$

Expresado en dólares y anualmente.

Ecuación 34. Cálculo del gasto anual de energía.

$$Energia(USD) = \frac{270.533,75 \frac{\$}{mes}}{80 \frac{\$}{USD}} * 12 mes = 80.930 \frac{USD}{año} \quad Ec \ 34$$

Gastos del servicio de agua:

El servicio de agua se utiliza principalmente para refrigerar los gases condensables que son expulsados del horno, por lo que este se estimará en 5.000 USD anuales.

Resumen de gastos mensuales:

| <b>Gastos fijos</b>             |    |            |
|---------------------------------|----|------------|
| Servicio de luz                 | \$ | 80.930,00  |
| Servicio de agua                | \$ | 5.000,00   |
| Servicio de teléfono + internet | \$ | 4.000,00   |
| Sueldo mensual por empleado     | \$ | 281.348,21 |
| Alquiler del local              | \$ | 30.000,00  |
| Total Gastos Fijos              | \$ | 401.278,21 |

Tabla 19. Gastos fijos.

Resumen de gastos de materias primas:

| Material    | Costo unitario | Unidades | Costo de producción |
|-------------|----------------|----------|---------------------|
| Combustible | \$ 65.700,00   | \$ 1,00  | \$ 65.700,00        |
| CO2         | \$ 15.000,00   | \$ 1,00  | \$ 15.000,00        |
| Nitrógeno   | \$ 15.000,00   | \$ 1,00  | \$ 15.000,00        |
| Transporte  | \$ 5.000,00    | \$ 1,00  | \$ 5.000,00         |
| Total       | \$ 100.700,00  | \$ 1,00  | \$ 100.700,00       |

Tabla 20. Gastos variables.

Estimación de ingresos por venta de fueloil.

Los cálculos presentados a continuación muestran la cantidad de flujo de dinero que ingresa a la compañía anualmente por la venta de fueloil. Lo primero es establecer el precio del fueloil, según los estándares internacionales se realizará como:

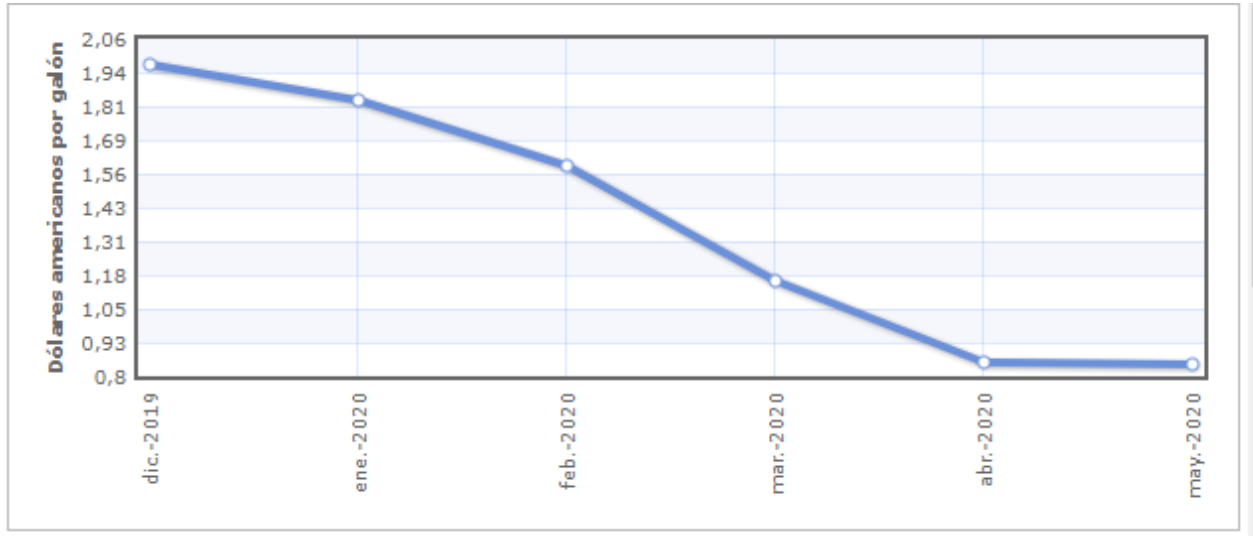


Figura 27. Evolución del precio del fueloil en el tiempo. (*indexmundi*, 2020).

De la Figura 27 se puede estimar que costo del fueloil ronda los 0,8 USD/galón, sabiendo que se producen aproximadamente 325 toneladas de fueloil anual se puede estimar los ingresos anuales debido a la venta de este producto como:

Ecuación 35. Ingresos anuales.

$$\text{Ingresos} = 0.8 \frac{\text{USD}}{\text{gal}} * 325 \frac{\text{tn}}{\text{año}} * \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{tn}}}{890 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} * 264,172 \frac{\text{gal}}{\text{m}^3} = 77.170 \frac{\text{USD}}{\text{año}} \quad \text{Ec 35}$$

La planta cuenta con poca capacidad, por lo que a primera vista si se ajustan los precios de comercialización de fueloil su producción no sería rentable, sin embargo, para elevar su valor en el mercado será comercializado bajo una campaña de marketing como un producto ecológico de alto rendimiento, en un precio estimado de venta de 1200 USD/m<sup>3</sup>.

En cuanto a los ingresos por el servicio de destrucción se estima recaudar más de 350.000 USD/año, los cuales serán destinados para cubrir los gastos fijos de la empresa, el excedente será cubierto por la producción de fueloil. Este número se calcula teniendo en cuenta que la destrucción anual es de 500 m<sup>3</sup> de mercadería y que el precio se estableció en 700 USD/m<sup>3</sup> a partir de licitaciones anteriores realizada por la AFIP - Dirección Regional Aduanera Noroeste.

|                                  |    |            |
|----------------------------------|----|------------|
| Gastos Fijos                     | \$ | 401.278,21 |
| Gastos variables por lote anual. | \$ | 34.740,00  |
| Total                            | \$ | 436.018,21 |

Tabla 21. Gastos por servicio de destrucción.

El punto de equilibrio puede calcularse como:

Ecuación 36. Punto de equilibrio.

$$P_{equilibrio} = \frac{F}{(P_{venta} - V)} \quad \text{Ec 36}$$

Donde,

F es el costo fijo del producto anuales.

P venta es el precio unitario de venta del producto.

V es el costo unitario variable.

El costo de fabricación se puede calcular como:

Ecuación 37. Costo variable de fabricación.

$$V = \frac{100.700 \text{ USD}}{325 \frac{tn}{año} * \frac{1000 \frac{kg}{tn}}{890 \frac{kg}{m^3}}} = 275.76 \frac{USD}{m^3} \quad \text{Ec 37}$$

Entonces,

$$P_{equilibrio} = \frac{436.018,21 - 350.000}{\left(1200 \frac{USD}{m^3} - 275.76 \frac{USD}{m^3}\right)} = 93,06 \frac{m^3}{año}$$

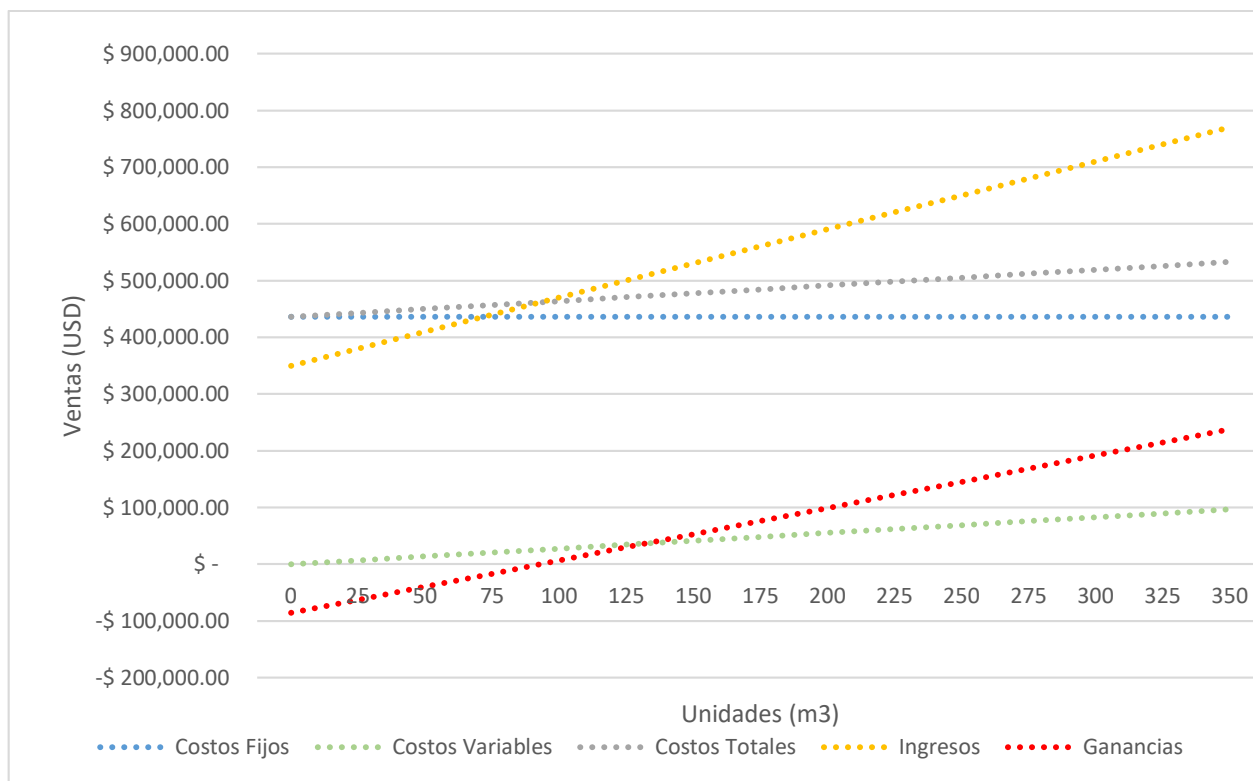


Figura 28. Diagrama de punto de equilibrio.

## Amortizaciones

La inversión se amortizará en los siguientes 10 años. Por lo cual, se pueden definir los pagos de la siguiente forma:

Ecuación 38. Cálculo de amortización.

$$a = \frac{I_0 - V_f}{V_u} \quad \text{Ec 38}$$

Donde,

$I_0$  = Inversión Inicia.

$V_t$  = Valor Residual.

$V_u$  = Vida Útil.

Estas variables corresponden a

$I_0$ = 868.500,00 USD

$V_r$ =0

$V_u$ = 10 años

| Año            | 0 | 1         | 2         | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        |
|----------------|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Amortizaciones | 0 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 | \$ 86.850 |
| Amortización   | 0 | \$ 86.250 | \$173.700 | \$260.550 | \$347.400 | \$434.250 |           | \$607.950 | \$694.800 | \$781.650 | \$868.500 |
| Acumulada      |   |           |           |           |           |           | \$521.100 |           |           |           |           |

Tabla 22. Pago de amortizaciones anuales.

**Flujo de caja**

| Concepto                        | 0              | 1              | 2              | 3              | 4              | 5              | 6             | 7             | 8             | 9             | 10            |              |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| Precio destrucción              | \$             | 700.00         | \$             | 700.00         | \$             | 700.00         | \$            | 700.00        | \$            | 700.00        | \$            | 700.00       |
| Demanda destrucción             |                | 500            |                | 500            |                | 500            |               | 500           |               | 500           |               | 500          |
| Ingresos por destrucción        | \$             | 350,000.00     | \$             | 350,000.00     | \$             | 350,000.00     | \$            | 350,000.00    | \$            | 350,000.00    | \$            | 350,000.00   |
| Precio venta fueloil            | \$             | 1,200.00       | \$             | 1,200.00       | \$             | 1,200.00       | \$            | 1,200.00      | \$            | 1,200.00      | \$            | 1,200.00     |
| Demanda fuel oil                |                | 305            |                | 310            |                | 315            |               | 320           |               | 325           |               | 330          |
| Ingresos por venta Fuel oil     | \$             | 366,000.00     | \$             | 372,000.00     | \$             | 378,000.00     | \$            | 384,000.00    | \$            | 390,000.00    | \$            | 396,000.00   |
| Costos Variables                | -\$            | 84,137.30      | -\$            | 85,516.60      | -\$            | 86,895.90      | -\$           | 88,275.20     | -\$           | 89,654.50     | -\$           | 91,033.80    |
| Gastos Fijos                    | -\$            | 436,018.21     | -\$            | 436,018.21     | -\$            | 436,018.21     | -\$           | 436,018.21    | -\$           | 436,018.21    | -\$           | 436,018.21   |
| Depreciaciones y amortizaciones | -\$            | 86,850.00      | -\$            | 86,850.00      | -\$            | 86,850.00      | -\$           | 86,850.00     | -\$           | 86,850.00     | -\$           | 86,850.00    |
| Util. Antes de Imp.             | \$             | 108,994.49     | \$             | 113,615.19     | \$             | 118,235.89     | \$            | 122,856.59    | \$            | 127,477.29    | \$            | 132,097.99   |
| Impuesto a las ganancias        | -\$            | 38,148.07      | -\$            | 39,765.32      | -\$            | 41,382.56      | -\$           | 42,999.81     | -\$           | 44,617.05     | -\$           | 46,234.30    |
| Impuesto a la renta             | -\$            | 2,724.86       | -\$            | 2,840.38       | -\$            | 2,955.90       | -\$           | 3,071.41      | -\$           | 3,186.93      | -\$           | 3,302.45     |
| Utilidad Desp Imp.              | \$             | 68,121.56      | \$             | 71,009.49      | \$             | 73,897.43      | \$            | 76,785.37     | \$            | 79,673.31     | \$            | 82,561.24    |
| Depreciaciones y amortizaciones | \$             | 86,250.00      | \$             | 86,250.00      | \$             | 86,250.00      | \$            | 86,250.00     | \$            | 86,250.00     | \$            | 86,250.00    |
| Inversión Inicial               | -\$ 868,500.00 |                |                |                |                |                |               |               |               |               |               |              |
| Invers.Capital de Trabajo       | -\$ 86,692.59  |                |                |                |                |                |               |               |               |               |               |              |
| Recupero Cap. de Trab.          |                |                |                |                |                |                |               |               |               |               |               | \$ 86,692.59 |
| Flujo de Caja                   | -\$ 955,192.59 | \$ 154,371.56  | \$ 157,259.49  | \$ 160,147.43  | \$ 163,035.37  | \$ 165,923.31  | \$ 168,811.24 | \$ 171,699.18 | \$ 174,587.12 | \$ 177,475.06 | \$ 267,055.58 |              |
| Flujo de Caja Acumulado         | -\$ 955,192.59 | -\$ 800,821.03 | -\$ 643,561.54 | -\$ 483,414.10 | -\$ 320,378.74 | -\$ 154,455.43 | \$ 14,355.81  | \$ 186,055.00 | \$ 360,642.12 | \$ 538,117.17 | \$ 805,172.75 |              |

Tabla 23 Flujo de caja

|                    |               |              |              |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| COSTOS             | -\$868,500.00 | \$520,155.51 | \$521,534.81 | \$522,914.11 | \$524,293.41 | \$525,672.71 | \$527,052.01 | \$528,431.31 | \$529,810.61 | \$531,189.91 | \$532,569.21 |
| CAPITAL DE Trabajo |               | \$86,692.59  | \$173,844.94 | \$174,304.70 | \$174,764.47 | \$175,224.24 | \$175,684.00 | \$176,143.77 | \$176,603.54 | \$177,063.30 | \$177,523.07 |

Tabla 24 Capital de trabajo

### **Análisis de sensibilidad:**

El estudio del análisis de sensibilidad constará del cálculo de propiedades como el TIR y el VAN, que serán descritas a continuación:

- TIR (Tasa Interna de Retorno): es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión, es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Se utiliza para medir la rentabilidad de un proyecto de inversión. (Sevilla, 2020). El TIR se puede calcular de la siguiente forma:

Ecuación 39. Tasa Interna de Retorno.

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{Q_n - I}{(1 + TIR)^n} = 0 \quad \text{Ec 39}$$

Dónde,

$Q_n$ = Es el flujo de caja en el periodo sub"n".

$n$ = Es el periodo.

$I$  = El valor de la inversión inicial.

$VAN$  = Valor actual neto (Valor presente).

$TIR$  = Tasa interna de retorno.

- El Valor Actual Neto (VAN): El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Si su valor es mayor a cero, el proyecto es rentable, considerándose el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

Una empresa suele comparar diferentes alternativas para comprobar si un proyecto le conviene o no. Normalmente la alternativa con el VAN más alto suele ser la mejor para la entidad; pero no siempre tiene que ser así. Hay ocasiones en las que una empresa elige un proyecto con un VAN más bajo debido a diversas razones como podrían ser la imagen que le aportará a la empresa, por motivos estratégicos u otros motivos que en ese momento interesen a dicha entidad.

Puede considerarse también la interpretación del VAN, en función de la creación de valor para la empresa:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor:

Impuestos:

Los impuestos nacionales a tener en cuenta para este proyecto son:

- Impuesto a las ganancias: que se establece según las normas del AFIP en una alícuota del 35% sobre los ingresos netos.
- IVA: Según la AFIP el valor del IVA es del 21% el cual corresponde a la tasa general.

Debido a que la empresa se ubicará en Jujuy.

- Ingresos Brutos: se establecerá una alícuota de 2,5% debido a la actividad que realizará la empresa.

Para realizar el cálculo del VAN se considera una tasa de corte del 68% que es la que usa el Banco Central de Argentina

|                          |                 |
|--------------------------|-----------------|
| Plazo de análisis        | 10 años         |
| Tasa de corte            | 60%             |
| VAN                      | - \$ 691.946,87 |
| TIR                      | 12%             |
| Periodo de repago (años) | 6               |
| VAN/inversión inicial    | - 72.44% %      |

Tabla 25 VAN y TIR del proyecto

| Tasa de corte | VAN           |
|---------------|---------------|
| 6%            | \$314,893.85  |
| 12%           | \$3,446.37    |
| 18%           | -\$203,420.63 |
| 22%           | -\$304,167.53 |
| 24%           | -\$346,428.60 |
| 30%           | -\$448,880.58 |
| 36%           | -\$524,639.27 |
| 42%           | -\$582,249.33 |
| 48%           | -\$627,151.57 |
| 52%           | -\$651,842.44 |
| 56%           | -\$673,246.01 |
| 60%           | -\$691,946.87 |
| 62%           | -\$700,431.48 |
| 66%           | -\$715,910.11 |
| 70%           | -\$729,665.80 |

Tabla 26 Variacion del VAN con disitintas tasas de corte

#### Origen de fondos:

Para la financiación del proyecto se solicitará un préstamo que es otorgado por el Banco Hipotecario con las siguientes características.

- Plazo 5 años.
- Monto: 1.000.000 USD
- Tasa de interés: 25% TNA fija en USD.
- Sistema de amortización: francés, en cuotas anuales.
- Los gastos administrativos son del 3% del valor total de la cuota.

#### Conclusiones

- El proyecto arrojó una tasa interna de retorno (TIR) del 12% con un valor actual neto de - \$ 691.946,87 USD, este indicador es desfavorable puesto no se obtiene el retorno esperado.
- Se seleccionó el Banco Hipotecario como prestamista debido a su baja tasa de intereses y la oferta de tasas fijas.

## Conclusiones

Como se demostró en este trabajo final, las tendencias mundiales para el tratamiento de residuos sólidos (en este caso la mercadería secuestrada por aduana) están mirando hacia las plantas de incineración con termovalorización que permiten tener una ganancia energética, ya sea mediante energía eléctrica, energía calorífica o combustible. Los rellenos sanitarios son insalubres y las grandes ciudades del mundo se están quedando sin espacio para estos, como es el caso de la Capital Federal Argentina.

Si bien las tecnologías permiten que las plantas de incineración no generen el impacto ambiental que solían generar, inclusive según la EPA (Agencia de Protección del medio Ambiente de Estados Unidos) las plantas incineradoras que producen electricidad tienen un menor impacto al medio ambiente que cualquier otra fuente de electricidad (González, 2010), y existe suficiente materia prima como para justificar su implementación la situación económica del país no lo permite.

Como se pudo observar el VAN del proyecto es negativo, lo que significa que no es rentable. Para que lo sea se debería usar una tasa de corte menor que la TIR (12%), situación que es imposible en la realidad económica que vivimos.

También cabe destacar que la sociedad aún asocia las plantas incineradoras actuales con las de antaño que generaban cantidades peligrosas de gases de combustión y hollín, que son perjudiciales para la salud. La falta de cultura de reciclaje es una debilidad que posee la Argentina, esto se debe a la falta de educación sobre el tema y el desinterés de la clase política sobre los temas medioambientales

Durante el desarrollo de este trabajo final se pudo comprobar la factibilidad técnica-tecnológica, ambiental, política y legal para la instalación de una planta de incineración. Se demostró que la cantidad de mercadería en depósito y/o a la espera de ser destruida en la Región Aduanera Noroeste, que es una de las cinco regiones en que se dividen las aduanas del país.

Sin embargo, es necesario implementar el tratamiento y disposición final adecuada de las mercaderías y de los residuos sólidos con políticas de gestión a nivel Nación, por lo que el Gobierno

Presidencial debería hacer un estudio de impacto-beneficio y de costo-beneficio de las plantas de incineración con ganancias energéticas como la que se diseñó en este proyecto para evitar situaciones como la del CEAMSE y para mitigar los efectos negativos que los rellenos sanitarios tienen sobre la flora, la fauna, la condición del suelo y de las napas, entre otros.

## Bibliografía

- Ignacio Andreotti , J. (28 de 06 de 2020). <http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com>. Obtenido de <http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com>:  
<http://egresadoselectronicaunc.blogspot.com/2014/08/oleoductos-y-poliductos-de-argentina.html>
- Alibaba. (05 de 07 de 2020). Alibaba. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/kooen-plastic-crusher-washing-plastic-62464934889.html?spm=a2700.7735675.normalList.1.31b86a80mvdDk1&s=p&s=p>
- Blanco Leal, A. (2014). Modelado y simulación del proceso de pirolisis rápida de biomasa en un reactor de lecho fluidizado. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Calcuworld. (25 de 02 de 2020). Calcuworld. Obtenido de Cálculo del TIR:  
<https://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>
- Comisión Europea. (26 de 1 de 2017). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES. Obtenido de El papel de la transformación de los residuos en energía: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/es/TXT/?uri=CELEX:52017DC0034>
- Comisión Nacional de Energía Atómica. (08 de 2020). [cnea.gov.ar](https://www.cnea.gov.ar). Obtenido de [https://www.cnea.gov.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/963/CNEA\\_SGPE\\_sintesis\\_MEM\\_2020\\_20\\_236.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.cnea.gov.ar/nuclea/bitstream/handle/10665/963/CNEA_SGPE_sintesis_MEM_2020_20_236.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Energia12. (29 de 03 de 2012). Energia12. Obtenido de <https://energia12.com/2012/03/29/transformacion-por-pirolisis-obtencion-diesel-a-partir-de-residuos-plasticos-2a-parte/>
- Energías Renovables. (21 de 10 de 2017). Buenos Aires evalúa nuevamente incinerar la basura. Obtenido de <https://energiasrenovables.com.ar/2017/10/21/buenos-aires-evalua-nuevamente-incinerar-la-basura/>
- Gómez Orea, D., & De Miguel, C. (1994). Auditoría ambiental: un instrumento de Gestión Ambiental en la empresa. Madrid: Agrícola Española S.A.
- González, G. L. (10 de 2010). RESIDUOS SOLIDOS URBANOS. Obtenido de TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL:  
<http://www.igc.org.ar/megaciudad/N3/Residuos%20Solidos%20Urbanos%20CAMARCO.pdf>
- Greenpeace. (2018). Con incineración no hay Basura Cero. Obtenido de <https://www.greenpeace.org/argentina/involucrate/con-incineracion-no-hay-basura-cero/>

- indexmundi. (11 de 07 de 2020). indexmun. Obtenido de  
<https://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=fueloil>
- McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriett, P. (2007). Operaciones Unitarias en ingeniería química, séptima edición. México DF: Mc Graw Hill.
- Ríos, P. (2011). Proyecto de Biocombustible: Planta de Pirolisis. Buenos Aires: Instituto Tecnológico de Buenos Aires.
- Ruocco, F. (13 de 04 de 2018). El Cronista. Obtenido de Termovalorización: la ciencia de generar energía con basura: <https://www.cronista.com/columnistas/Termovalorizacion-la-ciencia-de-generar-energia-con-basura-20180413-0021.html>
- Secretaria de energía, Presidencia de la Nación. (28 de 06 de 2020). Volúmenes de petróleos comercializados. Obtenido de Secretaria de energía, Presidencia de la Nación: <https://apps.se.gob.ar/reportes/rep.php?ir=MTU=>
- Sevilla, A. (25 de 02 de 2020). Economipedia. Obtenido de  
<https://economipedia.com/definiciones/tasa-interna-de-retorno-tir.html>
- Tiempo Fuego. (14 de 11 de 2018). <https://www.tiempofuego.com>. Obtenido de  
<https://www.tiempofuego.com>: <https://www.tiempofuego.com/buscan-instalar-una-planta-que-genere-diesel-a-partir-de-plasticos-reciclados/>
- Váquiro C, M. (25 de 02 de 2020). Pymes Futuro. Obtenido de  
<https://www.pymesfuturo.com/vpneto.htm>
- Walas, S. (1990). Chemical Process Equipment Selection and Design. Washington: Butterworth-Heinemann.

**Anexo 1. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2017.**

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                                                          | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Jujuy         | Autopartes/bazar/juguetes/varios                                       | 100,00                       |
| Jujuy         | Cubiertas                                                              | 1,30                         |
| Jujuy         | Autopartes/bazar/juguetes/varios                                       | 0,60                         |
| Jujuy         | Juguetes                                                               | 2,98                         |
| Jujuy         | P. Vestir-bazar-varios, hojas<br>coca/autopartes/bazar/juguetes/varios | 250,00                       |
| LA            | Comestibles/cd grabados/artículos de                                   | 64,71                        |
| QUIACA        | higiene/medicamentos/ropa usada/juguetes/varios                        |                              |
| LA            | Hojas coca/varios                                                      | 9,00                         |
| QUIACA        |                                                                        |                              |
| LA            | Golosinas/juguetes/cigarrillos/ropa usada/hoja de                      | 194,00                       |
| QUIACA        | coca/varios                                                            |                              |
| LA            | Golosinas/juguetes/cierres/pañales                                     | 164,84                       |
| QUIACA        | descartables/perfumería/vajillas/varios                                |                              |
| LA            | Utensilios de                                                          | 66,39                        |
| QUIACA        | cocina/vajillas/electrónica/bazar/carteras/varios                      |                              |
| LA            | Ropa usada/u-tencillos de                                              | 112,74                       |
| QUIACA        | cocina/vajillas/electrodoméstico/juguetes/varios                       |                              |
| LA            | Electrodomésticos/u-tencillos de                                       | 45,15                        |
| QUIACA        | cocina/electrónica/varios                                              |                              |
| LA            | Electrodomésticos/u-tencillos de cocina/vajillas/varios                | 44,95                        |
| QUIACA        |                                                                        |                              |
| LA            | Ropa usada/u-tencillos de cocina/vajillas/varios                       | 31,81                        |
| QUIACA        |                                                                        |                              |
| POCITOS       | Hoja coca/cigarrillos/cd/varios                                        | 9,58                         |
| POCITOS       | Arroz (58 bolsas x 50 kg c/u)                                          | 5,23                         |

Tabla 27. Distribución de rubros destruidos en el año 2017.

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                                                                | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| POCITOS       | Cigarrillos –productos varios – hojas de coca                                | 9,50                         |
| POCITOS       | Cigarrillos, cds apócrifos y productos perecederos<br>varios y hojas de coca | 14,0                         |
| POCITOS       | Hojas de coca.                                                               | 4,29                         |
| POCITOS       | Arroz (58 bolsas x 50 kg c/u)                                                | 5,23                         |
| POCITOS       | Cigarrillos –productos varios – hojas de coca                                | 9,50                         |
| POCITOS       | Cigarrillos, cds apócrifos y productos perecederos<br>varios y hojas de coca | 14,50                        |
| POCITOS       | Hojas de coca.                                                               | 4,29                         |
| POCITOS       | Hojas de coca.                                                               | 5,51                         |
| POCITOS       | Hojas de coca.                                                               | 13,55                        |
| POCITOS       | Cigarrillos –productos varios – hojas de coca –<br>golosinas – focos         | 25,02                        |
| POCITOS       | Hojas de coca                                                                | 26,79                        |
| SALTA         | Focos                                                                        | 56,00                        |
| SALTA         | Hoja de coca                                                                 | 3,00                         |
| SALTA         | Juguete, art. Bazar, perfumes                                                | 450,00                       |
| SALTA         | Calzado, prenda de vestir, varios                                            | 25,00                        |
| SALTA         | Hoja de coca                                                                 | 3,00                         |
| SALTA         | Hoja de coca                                                                 | 28,00                        |
| SALTA         | P. Vestir- calzado – bazar – electrodoméstico –<br>focos-                    | 150,00                       |
| SALTA         | Foco cigarrillos hoja de coca                                                | 10,00                        |
| SALTA         | Focos, cigarrillos, golosinas, hoja de coca, juguete                         | 10,00                        |
| SALTA         | P. Vestir-calzados-electrodomésticos-varios                                  | 290,00                       |

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                                                       | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> |
|---------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| SALTA         | Focos, cigarrillos, hoja de coca, juguete,                          | 10,00                        |
| SALTA         | Prendas vestir-calzados-bazar-varios                                | 80,00                        |
| SALTA         | P. Vestir-bazar-varios                                              | 80,00                        |
| SALTA         | Hoja de coca                                                        | 7,00                         |
| SALTA         | Hoja de coca , cigarrillos                                          | 4,00                         |
| SALTA         | Hoja de coca                                                        | 2,00                         |
| SALTA         | Hoja de coca                                                        | 2,00                         |
| SALTA         | P. Vestir- calzado                                                  | 3,00                         |
| SALTA         | P. Vestir- calzado – focos – cigarrillos – juguetes –<br>ropa usada | 12,00                        |
| ORÁN          | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                  | 51,00                        |
| ORÁN          | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                  | 10,00                        |
| ORÁN          | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                  | 9,00                         |
| ORÁN          | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                  | 26,00                        |
| ORÁN          | Mercaderías varias, cigarrillos                                     | 13,00                        |
| ORÁN          | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                  | 43,00                        |
| SANTIAGO      | Art. De bazar-electrónica -focos-juguetes-ropa                      | 47,50                        |
| DEL ESTERO    | usada                                                               |                              |
| TUCUMÁN       | Hojas coca/cigarrillos/vajilla-bazar/varios                         | 105,00                       |
| <b>Total</b>  |                                                                     | <b>2731,96</b>               |

Continuación: Tabla 287. Distribución de rubros destruidos en el año 2017.

**Anexo 2. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2018.**

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                                                                                    | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| Pocitos       | Kgs. De Hojas Coca (En GNA)                                                                      | 15,00                        |
| Pocitos       | Hojas de Coca, Cigarrillos, Varios                                                               | 28,14                        |
| Pocitos       | Hojas de Coca, Cigarrillos, Varios                                                               | 10,21                        |
| Pocitos       | Hojas Coca, Cigarrillos, Cd, Productos Perecederos                                               | 11,18                        |
| Pocitos       | Cubiertas                                                                                        | 14.,76                       |
| Jujuy         | Textil, utensilios de cocina/bazar/vajillas/varios                                               | 328,88                       |
| Salta         | Prendas Vestir/Calzados/Bazar/Utensilios Cocina (J.F. N° 1, 2 -Escuadrón 45/Agrupación 7ma. GNA) | 500,00                       |
| Salta         | Hojas de Coca                                                                                    | 1,29                         |
| Salta         | Juguetes, utensilios de cocina, electrónica, etc.                                                | 27,69                        |
| Salta         | Hojas de Coca, cigarrillos                                                                       | 9,17                         |
| Salta         | Golosinas, utensilios de cocina, focos, juguetes, etc.                                           | 11,43                        |
| Salta         | Joystick - Mando video juego                                                                     | 0,25                         |
| Salta         | Focos, encendedores                                                                              | 4,00                         |
| Salta         | Prendas Vestir/Calzados/Bazar/Utensilios Cocina (J.F. N° 1, 2 -Escuadrón 45/Agrupación 7ma. GNA) | 400,00                       |
| Orán          | Mercaderías Varias, Electrónica                                                                  | 95,00                        |
| Orán          | Hojas de Coca, Cigarrillos, Varios                                                               | 15,00                        |
| Orán          | Mercaderías Varias                                                                               | 34,00                        |
| Orán          | Hojas de Coca, Cigarrillos, Varios                                                               | 35,00                        |
| Orán          | Hojas de Coca, Cigarrillos, Varios                                                               | 30,00                        |
| Orán          | Eléctrico, Tienda, Hojas Coca, Cigarrillos                                                       | 48200                        |
| Orán n        | Cigarrillos, Hojas Coca, Medicamentos, tienda, Calzados                                          | 210,00                       |
| Orán          | Eléctrico                                                                                        | 4,00                         |
| Orán          | Eléctrico, hojas coca, cigarrillos                                                               | 30,70                        |
| Orán          | Cubiertas                                                                                        | 9,00                         |
| Sgo estero    | Arts. Bazar-Electrónica-Focos                                                                    | 62,50                        |

Tabla 28. Distribución de rubros destruidos en el año 2019.

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                                                                                      | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| La Quiaca     | Ropa usada-Utensilios Cocina-Vajilla-<br>Electrodoméstico-Juguetes-Golosinas-Hojas Coca-<br>Varios | 92,65                        |
| La Quiaca     | Utensilios Cocina-Bazar-Vajilla-Varios                                                             | 34,34                        |
| La Quiaca     | Electrodomésticos/U-tencillos de<br>cocina/Electrónica/Cierres/Varios                              | 34,41                        |
| La Quiaca     | Cierres Plásticos                                                                                  | 30,00                        |
| La Quiaca     | Cierres Plásticos                                                                                  | 5,00                         |
| La Quiaca     | Cierres Plásticos                                                                                  | 8,00                         |
| La Quiaca     | Utensilios de cocina/Vajillas/<br>Electrónica/Bazar/Electrodomésticos/Varios                       | 43,24                        |
| La Quiaca     | Mercadería Perecedera/Jarabe/Hojas Coca/Varios                                                     | 15,00                        |
| La Quiaca     | Cubiertas                                                                                          | 77,54                        |
| Tucumán       | Hojas coca/ focos/ juguetes/ bazar                                                                 | 76,01                        |
| Tucumán       | Calzado/ indumentaria                                                                              | 38,04                        |
| <b>Total</b>  |                                                                                                    | <b>2.823,53</b>              |

Continuación: Tabla 28. Distribución de rubros destruidos en el año 2018.

**Anexo 3. Tabla de distribución de rubros destruidos en el año 2019.**

| Aduana    |                                                                                       | Rubros | Volumen<br>m <sup>3</sup> | Volumen<br>m <sup>2</sup> |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------------------|---------------------------|
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 24,26                     |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 42,47                     |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 99,73                     |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 180,42                    |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 38,50                     |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 20,83                     |                           |
| La Quiaca | Cubiertas varias                                                                      |        | 7,63                      |                           |
| La Quiaca | Mercaderías varias                                                                    |        | 108,73                    |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos         |        | 2,14                      |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos         |        | 1,54                      |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos         |        | 3,68                      |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos         |        | 7,30                      |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos         |        | 8,84                      |                           |
| Pocitos   | Cigarrillos, hojas de coca, discos compactos apócrifos, productos perecederos y otros |        | 8,63                      |                           |
| Pocitos   | Bolsas de arroz                                                                       |        | 19,41                     |                           |
| Santiago  | Vajillas, focos, juguetes                                                             |        | 30,39                     |                           |
| Santiago  | Varios                                                                                |        | 21,37                     |                           |
| Santiago  | Cigarrillos                                                                           |        | 6,96                      |                           |
| Orán      | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                                    |        | 16,10                     |                           |
| Orán      | Hojas de coca, cigarrillos, varios                                                    |        | 16,60                     |                           |
| Orán      | Hojas de coca, cigarrillos                                                            |        | 55,00                     |                           |

Tabla 29. Distribución de rubros destruidos en el año 2019.

| <b>Aduana</b> | <b>Rubros</b>                       | <b>Volumen m<sup>3</sup></b> | <b>Volumen m<sup>2</sup></b> |
|---------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 13,43                        |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 3,47                         |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos          | 51,88                        |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos          | 6,31                         |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 16,70                        |                              |
| Orán          | Vehículos (PRONACOM)                |                              | 21                           |
| Orán          | Mercaderías varias (Contaminada)    | 650,00                       |                              |
| Orán          | Vehículo (PRONACOM)                 |                              | 5                            |
| Orán          | Camioneta (PRONACOM)                |                              | 9                            |
| Orán          | Vehículo (PRONACOM)                 |                              | 5                            |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 52,50                        |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 20,45                        |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos          | 70,00                        |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 2,23                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 1,06                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 5,50                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 1,81                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos, hojas de coca | 0,75                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 1,48                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos, hojas de coca | 0,90                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos, hojas de coca | 0,97                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos                | 1,09                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos, hojas de coca | 0,36                         |                              |
| Orán          | Hojas de coca, cigarrillos, varios  | 5,39                         |                              |
| Orán          | Cartones cigarrillos, hojas de coca | 7,22                         |                              |
| Tinogasta     | Mercaderías varias                  | 24,00                        |                              |
| Jujuy         |                                     | 48,75                        |                              |
| Tucumán       | Ropa, cigarrillos, bazar, juguetes  | 37,85                        |                              |
| Tucumán       | Juguetes                            | 224,57                       |                              |

Continuación: Tabla 29. Distribución de rubros destruidos en el año 2019.

| Aduana       | Rubros                                                                                     | Volumen         | Volumen        |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|
|              |                                                                                            | m <sup>3</sup>  | m <sup>2</sup> |
| Tucumán      | Cigarrillos y hojas de coca                                                                | 36,03           |                |
| Tucumán      | Tienda                                                                                     | 40,34           |                |
| Tucumán      | Varios. Celulares hoja de coca                                                             | 25,90           |                |
| Pocitos      | Cigarrillos, hojas de coca en estado natural, agua lavandina, stevia, bicarbonato de sodio | 13,00           |                |
| Orán         | Hojas de coca, cigarrillos                                                                 | 5,39            |                |
| Jujuy        | Hojas de coca, cigarrillos, productos varios en mal estado                                 | 61,99           |                |
| La Quiaca    | Artículos Varios                                                                           | 24,06           |                |
| La Quiaca    | Artículos Varios                                                                           | 48,85           |                |
| La Quiaca    | Artículos eléctricos mal estado                                                            | 5,74            |                |
| La Quiaca    | Hojas de coca                                                                              | 26,59           |                |
| Jujuy        | Hojas de coca, cigarrillos, productos varios en mal estado                                 | 16,30           |                |
| Santiago     | Hojas de coca, juguetes, art. varios                                                       | 189,94          |                |
| Tinogasta    | Hojas de coca, cigarrillos, productos varios en mal estado                                 | 15,06           |                |
| Orán         | Hojas de coca, cigarrillos                                                                 |                 |                |
| Jujuy        | Bazar, textil, juguetes                                                                    | 55,92           |                |
| Jujuy        | Bazar, textil, juguetes                                                                    | 17,26           |                |
| Jujuy        | Bazar, textil, juguetes                                                                    | 7,00            |                |
| <b>Total</b> |                                                                                            | <b>2.558,57</b> | <b>40</b>      |

Continuación: Tabla 29. Distribución de rubros destruidos en el año 2019.

## Anexo 4. Fichas Técnicas Equipamientos

### Detalles rápidos

|                         |                                                                    |                         |                                                                   |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Condición:              | Nuevo                                                              | Lugar del origen:       | Jiangsu, China (Mainland)                                         |
| Tipo de plástico:       | Película plástica, bolsa, botellas, contenedores, tela             | Tipo de máquina:        | Plástico Crusher                                                  |
| Máx. la capacidad ...   | 3000                                                               | Capacidad de prod...    | 300 - 3000 kg/h, kg/h, 300 - 3000 kg/h                            |
| Marca:                  | KOOEN                                                              | Uso:                    | Residuos trituradora de plástico                                  |
| Voltaje:                | 380V/50HZ o personalizado                                          | Dimensión (L*W*H):      | Como por especificación                                           |
| De la potencia (kW):    | 37, 37                                                             | Peso (T):               | Como perspecification, Como perspecification                      |
| Certificación:          | CE ISO9001                                                         | Garantía:               | 2 años                                                            |
| Servicio postventa ...  | Video de apoyo técnico, La instalación de campo y puesta en ...    | Industrias aplicable... | Material de construcción de tiendas, Planta de fabricación, Re... |
| Clave de puntos de ...  | Ahora ruido, gran capacidad                                        | Después de servici...   | Video de apoyo técnico, Apoyo en línea, España, Campo de ...      |
| Servicio Local ubic...  | Canadá, Francia, Brasil, La India, Rusia, España, Japón, Malasi... | Exposición de ubic...   | Egipto, Turquía, Reino Unido, Pakistán, Rusia, Marruecos, Keny... |
| Marketing tipo:         | Producto ordinario                                                 | : Informe de prueba:    | Siempre                                                           |
| Video saliente de in... | Siempre                                                            | Garantía de los co...   | 1 año                                                             |
| Los componentes ...     | Motor, PLC                                                         | El nombre de la ma...   | KOOEN                                                             |
| Nombre:                 | Trituradora para línea de limpieza PP/ PE                          | Color:                  | Personalizado                                                     |
| Material de la hoja:    | SKD-11                                                             | Eje de diseño:          | Solo                                                              |
| Función:                | Triturar los residuos en pequeños trozos                           | Potencia del Motor:     | 37-132KW                                                          |
| La capacidad de:        | 300-2000 kg/h                                                      | Palabra clave:          | De plástico de trituración                                        |
| Tipo de:                | Máquina de trituración                                             | Tensión de:             | 380V/50HZ o personalizado                                         |
| Dimensión (L * W * ...  | Como por especificación                                            | La certificación:       | CE ISO9001                                                        |

Figura 29. Ficha técnica trituradora (Alibaba, 2020)

**30 años**  
de experiencia



**CALTEC**  
Hornos industriales



SGS  
Certificación de la Calidad

## Horno CALTEC incinerador pirolítico vertical

**Aplicación:**  
Son diseñados para tratamiento de desperdicios tóxicos, patológicos y contaminantes, sean orgánicos e inorgánicos. Pueden procesar sólidos y líquidos, ideales para trabajos de tamaño mediano industrial, comercial o médico. Usos en hospitales, laboratorios, ciudades, instalaciones comerciales e industriales.



**Características:**  
Nuestro tipo de incineradores verticales reduce los desperdicios contaminados a cenizas inertes. Son hornos regulados para una gran experiencia y la tecnología de empresas líderes americanas. Pueden ser de construcción y diseño personalizados. Todos preparados para uso todo y prolongado vida útil, estos equipos poseen: Todos hornos poseen el primer paso en la refinación de residuos, la cámara de combustión primaria permite la reducción controlada de desperdicios voluminosos, la ceniza resultante y los materiales no combustibles se remanen para proceso final.

- Diseños avanzados basados en años de experiencia y el apoyo de una industria que marca el paso en desarrollo innovadores.
- Tiempo de residencia de los gases de 2 segundos en cámara secundaria a 1200°C.
- Hogar de cámara, modelado, refractario a prueba de ataques y temperaturas extremas.
- Chimenea autoportante, construida en chapado de alto calibre y aislante refractario monolítico con revestimiento de fibra cerámica.
- Completo grupo de motores, accionado para cualquier tipo de trabajo y mantenimiento.
- Sistema de elevación para una gran variedad de desperdicios, en cajas, bolsas, sacos y líquidos.
- Recuperación de calor integral.
- Control automático por PLC.
- Sistema de control de calidad de aire, según las regulaciones vigentes.
- Exp. sistemas de combustión fluida y máxima recuperación de mantenimiento.
- Sistema de regulación de agua para control de exceso de temperatura en cámara primaria.
- Mínima intervención del operador en proceso.
- Sistema de control y seguridad controlado.



**Teoría de incineración con aire controlado**

El principio de la incineración con aire controlado evalúa dos operaciones de combustión sucesivas realizadas en cámaras separadas. La cámara primaria oxida el desperdicio orgánico y comienza el proceso de combustión en una atmósfera de aire restringido. La cantidad de aire de combustión es regulada estrictamente para liberar los volátiles y oxidar el carbono fijo en el combustible. Los gases de combustión son conducidos entonces a la cámara superior donde se introduce un exceso de aire y la mezcla que allí se quema a muy altas temperaturas. La técnica de dos cámaras aire restringido/exceso de aire tiene varias ventajas. La limitación de aire en la cámara primaria crea un efecto de "quemado en seco" que ayuda a

eliminar la penetración de partículas en los gases, lo que produce un escape sin emisiones térmicas. Las más altas temperaturas de la cámara primaria se mantienen al flujo de salida de la mayoría de los metales, vidrios y otros no combustibles. Estos elementos simplemente se desmenuzan con la ceniza resultante y no complican los procesos de combustión y emisión de cenizas. Mientras tanto en la cámara secundaria, los gases y el exceso de aire combustibles a una temperatura alta se oxidan durante un tiempo de residencia suficiente. Esto asegura la completa oxidación de los gases, petróleo, alquitrán y otros. Los gases de escape térmicos a altas temperaturas para equipos recuperadores de calor. El control para los incineradores se basa en la temperatura, siempre se pueden cerrar controlan los volátiles de salida de aire y los combustibles para pasar a través de la proporción óptima de aire de combustión. La cámara de combustión determina el grado de quemado del material y ya que debe tener un volumen adecuado para aceptar y oxidar los volátiles de la cámara de la cámara de ignición asegurando la completa destrucción. El grado de quemado de cualquier desperdicio particular se basa en la composición de ese desperdicio, su cantidad de humedad, calor latente, densidad y análisis organoléptico. No obstante, el grado de quemado se ha establecido las características de incineración de una amplia gama de desperdicios industriales, comerciales y municipales, lo que nos permite establecer garantía de funcionamiento sobre emisiones de chimenea, uso de combustible auxiliar, recuperación de calor y producción de cenizas.

**www.caltec.com.ar**

SISTEMA DE CALIDAD  
ISO 9001:2008

| MODELO | MEDIDAS   | SUPERFICIE CÁMARA PRIMARIA | VOLUMEN CÁMARA PRIMARIA | TAMAÑO PUERTA CARGA | DIÁMETRO DE CHIMENEA | ALTURA DE CHIMENEA | LOSA DE APOYO  | PESO APROXIMADO |
|--------|-----------|----------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------------|-----------------|
| 25     | ø 1050 mm | 0,372 m <sup>2</sup>       | 0,455 m <sup>3</sup>    | 570 x 570 mm        | 360 mm               | 4800 mm            | 1350 x 1350 mm | 3400 Kgs        |
| 50     | ø 1240 mm | 0,651 m <sup>2</sup>       | 0,850 m <sup>3</sup>    | 570 x 570 mm        | 480 mm               | 4800 mm            | 1500 x 1500 mm | 4500 Kgs        |
| 100    | ø 1450 mm | 1,000 m <sup>2</sup>       | 1,615 m <sup>3</sup>    | 610 x 610 mm        | 480 mm               | 4800 mm            | 1800 x 1800 mm | 8500 Kgs        |
| 175    | ø 1650 mm | 1,450 m <sup>2</sup>       | 2,830 m <sup>3</sup>    | 610 x 610 mm        | 600 mm               | 4800 mm            | 2000 x 2000 mm | 10500 Kgs       |
| 250    | ø 2000 mm | 2,250 m <sup>2</sup>       | 3,900 m <sup>3</sup>    | 610 x 610 mm        | 600 mm               | 4800 mm            | 2300 x 2300 mm | 13500 Kgs       |
| 350    | ø 2350 mm | 2,890 m <sup>2</sup>       | 5,800 m <sup>3</sup>    | 610 x 610 mm        | 765 mm               | 4800 mm            | 2600 x 2600 mm | 13500 Kgs       |
| 500    | ø 2500 mm | 4,650 m <sup>2</sup>       | 7,800 m <sup>3</sup>    | 610 x 610 mm        | 765 mm               | 4800 mm            | 3000 x 3000 mm | 18500 Kgs       |

Las características y valores pueden ser modificados a nuestro criterio si con ello se mejora lo indicado. Consultar con nuestro **Departamento de Ingeniería** por modelos especiales.

Figura 30. Ficha Horno Pirolítico (CALTEC, 2020)

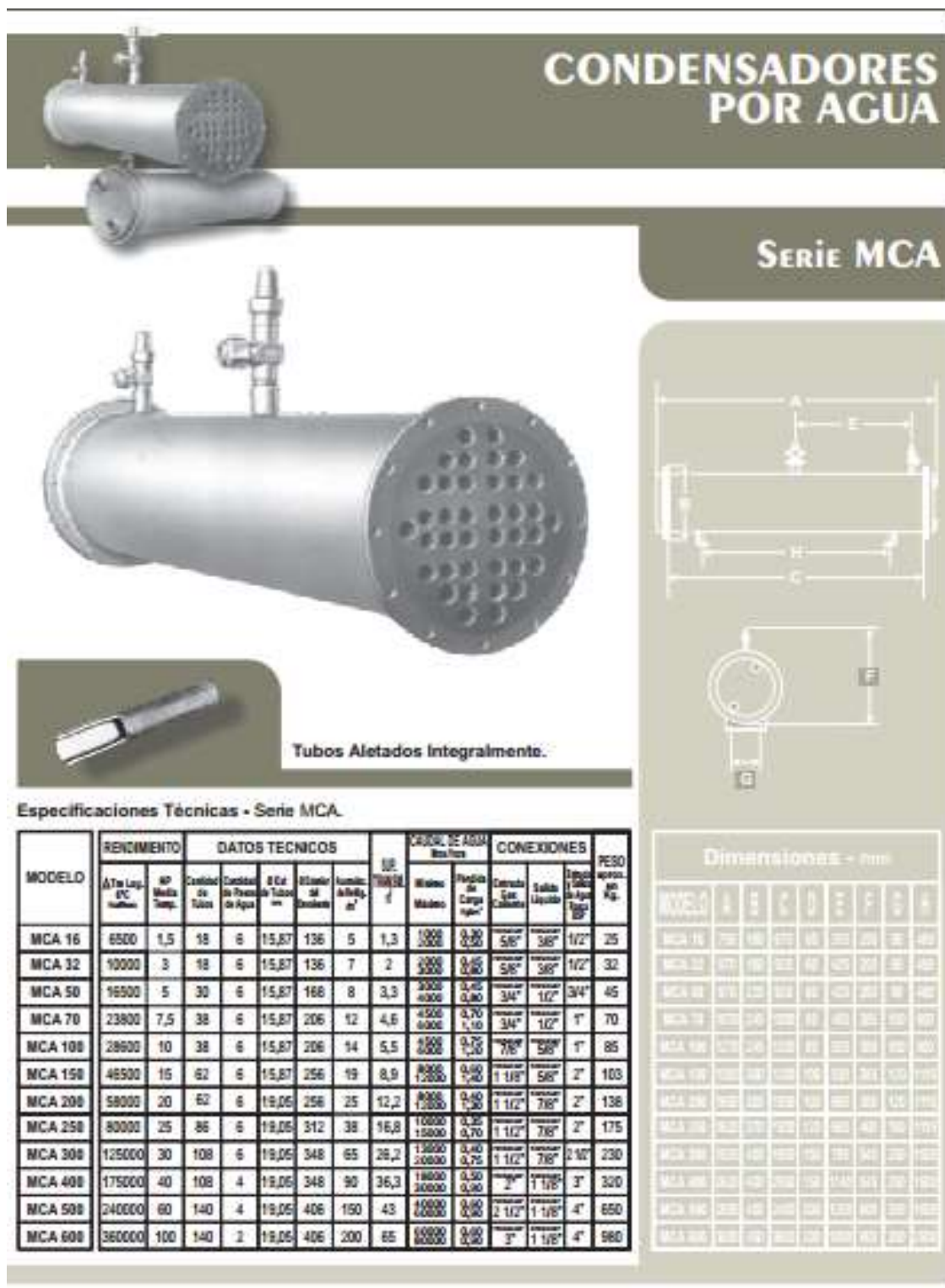


Figura 31. Ficha técnica Condensadores (MOSKAR, 2020)



## ENFRIADORES



| INFORMACION TECNICA ENFRIADORES |                       |       |                |                                  |            |             |       |       |
|---------------------------------|-----------------------|-------|----------------|----------------------------------|------------|-------------|-------|-------|
| MODELO                          | Capacidad Frigorífica |       | Pot. Eléctrica | Caudal líquido                   | Conexión   | DIMENSIONES |       |       |
|                                 | Kcal/h                | Kw/h. | Total<br>Kw/h  | Refrigerado<br>m <sup>3</sup> /h | Ø<br>BSP   | (Mm)        |       |       |
| ISR 14                          | 11.000                | 13    | 5              | 4                                | 1" BSP     | 1.100       | 850   | 1.350 |
| ISR 18                          | 17.000                | 19    | 7              | 6                                | 1" BSP     | 1.100       | 850   | 1.350 |
| ISR 24                          | 21.000                | 24    | 10             | 7                                | 1 1/4" BSP | 1.450       | 900   | 1.500 |
| ISR 33                          | 29.000                | 34    | 14             | 10                               | 1 1/4" BSP | 1.450       | 900   | 1.500 |
| ISR 50                          | 44.000                | 51    | 16             | 15                               | 1 1/2" BSP | 1.850       | 900   | 1.650 |
| ISR 65                          | 58.000                | 67    | 19             | 20                               | 2" BSP     | 2.200       | 1.000 | 2.000 |
| ISR 80                          | 76.000                | 87    | 25             | 25                               | 1" BSP     | 2.200       | 1.000 | 2.000 |
| ISR 105                         | 90.000                | 105   | 30             | 30                               | 2" BSP     | 2.200       | 1.000 | 2.000 |
| ISR 105 DC                      | 88.000                | 102   | 30             | 30                               | 2 1/2" BSP | 2.200       | 1.000 | 2.000 |
| ISR 125 DC                      | 116.000               | 134   | 38             | 35                               | 2 1/2" BSP | 2.200       | 1.000 | 2.000 |
| ISR 160 DC                      | 152.000               | 174   | 48             | 50                               | 3" Bidas   | 2.200       | 2.000 | 2.000 |
| ISR 200 DC                      | 180.000               | 210   | 56             | 60                               | 3" Bidas   | 2.200       | 2.000 | 2.000 |
| ISR 205 TC                      | 174.000               | 201   | 61             | 60                               | 3" Bidas   | 3.400       | 2.000 | 2.200 |
| ISR 250 TC                      | 228.000               | 260   | 72             | 80                               | 3" Bidas   | 3.400       | 2.000 | 2.300 |
| ISR 380 DC                      | 304.000               | 348   | 95             | 100                              | 4" Bidas   | 3.500       | 2.000 | 2.300 |
| ISR 400 DC                      | 360.000               | 420   | 110            | 120                              | 5" Bidas   | 3.500       | 2.000 | 2.300 |

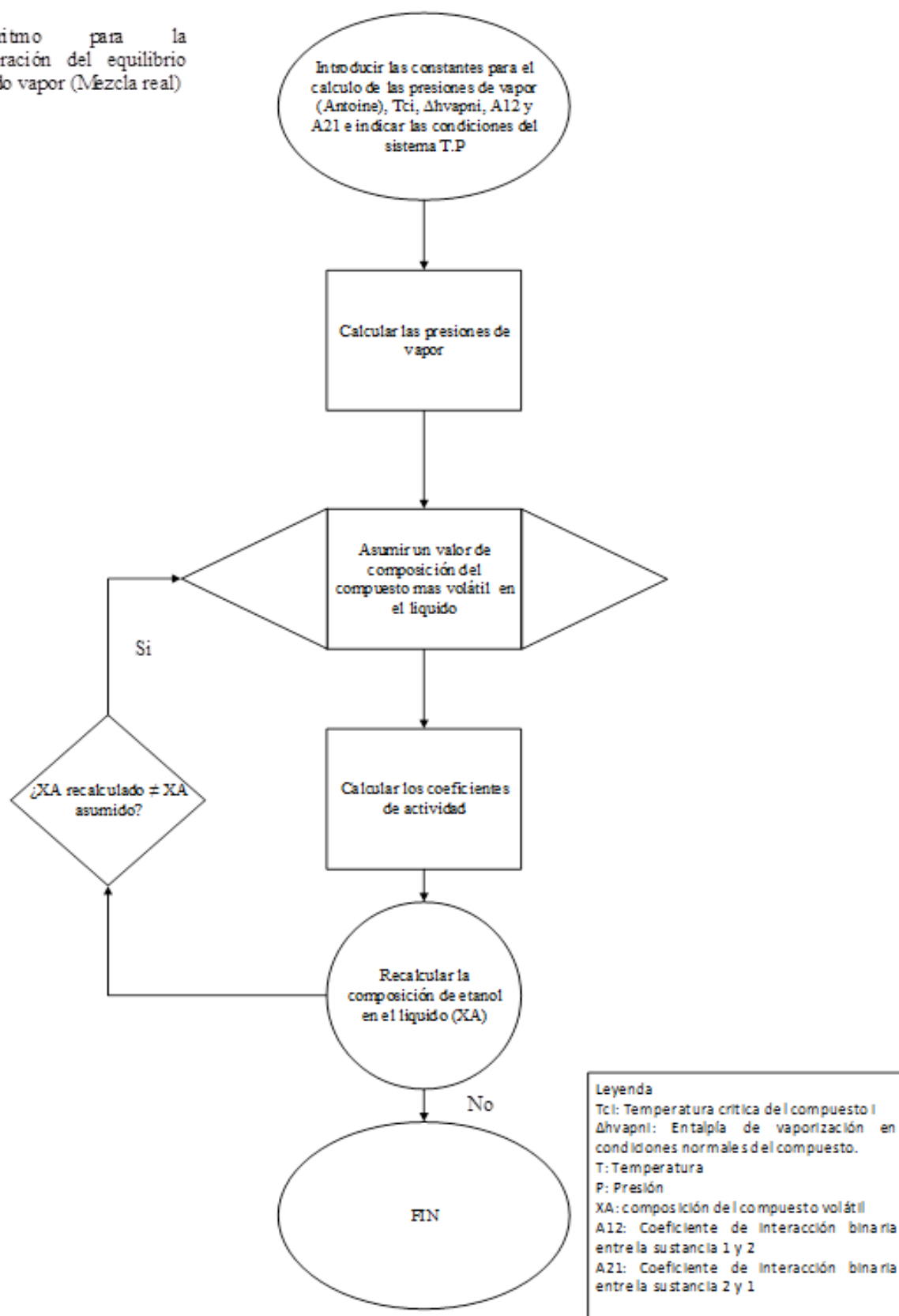
Temperatura de Agua Refrigerada 10 °C - Temperatura Aire Ambiente 25 °C

Datos sujetos a cambios sin previo aviso

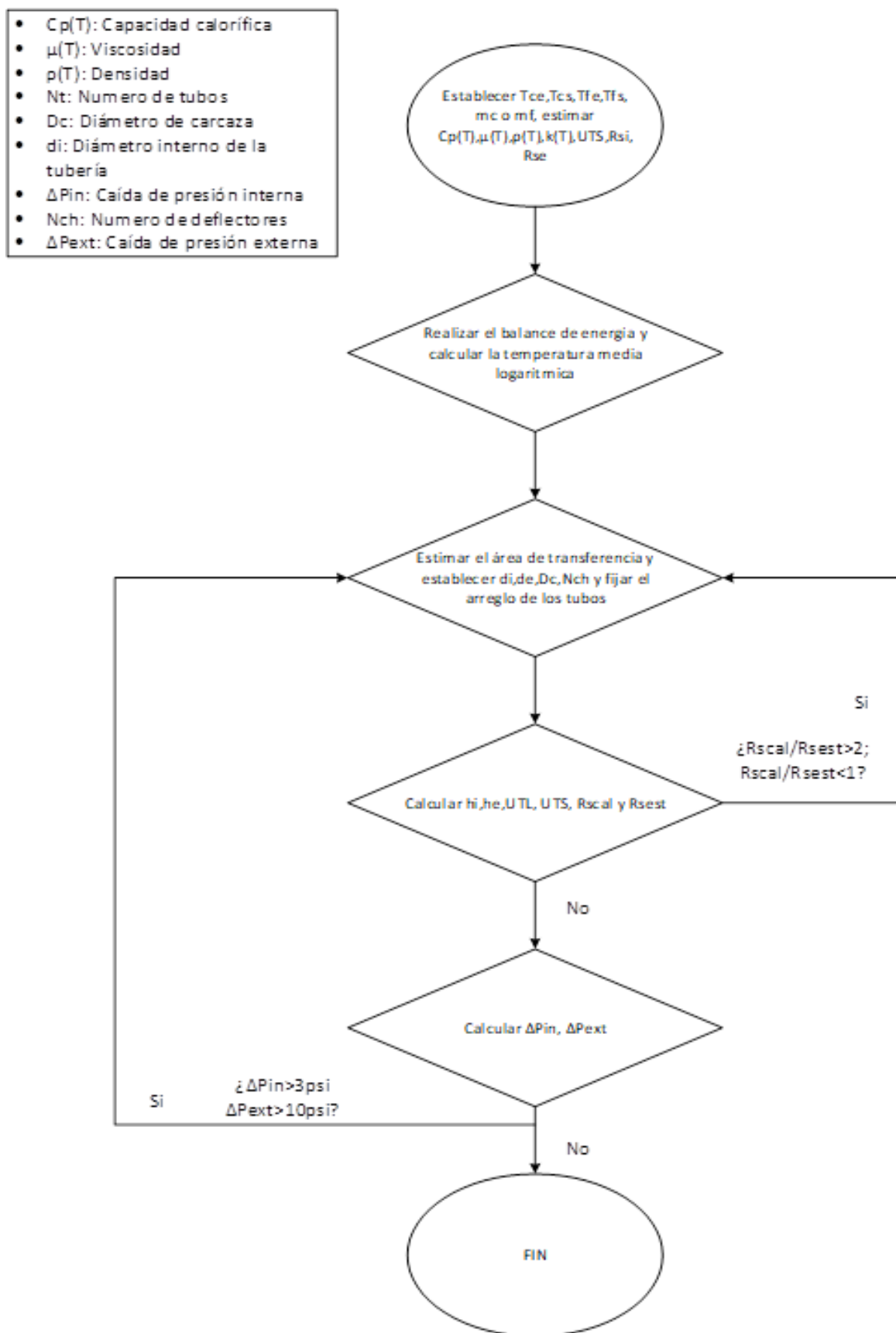
Figura 32. Ficha técnica Enfriador (IFACA, 2020)

**Anexo 5. Algoritmo para la elaboración del equilibrio liquido-vapor.**

Algoritmo para la elaboración del equilibrio liquido vapor (Mezcla real)



### Anexo 6. Algoritmo para determinar la caída de presión.



## Anexo 7. Ejemplo de cálculo del algoritmo para determinar la caída de presión.

### Cálculo del coeficiente de transferencia de calor interno.

Ecuación 40. Sección transversal interna de la tubería.

$$S_i = \pi * \left(\frac{di}{2}\right)^2 \quad \text{Ec 40}$$

Ecuación 41. Velocidad del líquido en la tubería.

$$U_s = \frac{F}{S_i} \quad \text{Ec 41}$$

Ecuación 42. Numero de Reynold' s.

$$ReL = \frac{\rho L * U_s * di}{\mu L} \quad \text{Ec 42}$$

Ecuación 43. Numero de Prandtl

$$PrL = \frac{CpL * \mu L}{kL} \quad \text{Ec 43}$$

Ecuación 44. Numero de Nusselt

$$NuL = 3,66 + \frac{0,68 \frac{di}{Log} * ReL * PrL}{1 + 0,04 \left(\frac{di}{Log} * ReL * PrL\right)^{\frac{2}{3}}} \quad \text{Ec 44}$$

Ecuación 45. Coeficiente de transferencia de calor interno.

$$h_i = \frac{NuL * kL}{di} \quad \text{Ec 45}$$

**Cálculo del coeficiente de transferencia de calor externo.**

Temperatura de superficies “supuesta”.

$$T = 84,468 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Ecuación 46. Numero de Grashoff.

$$Gr = \frac{\beta * g * (Ts - Tamb) * de^3 * \rho G^2}{\mu G^2} \quad \text{Ec 46}$$

Ecuación 47. Coeficiente de corrección.

$$\psi = 0,47 \quad \text{Ec 47}$$

Ecuación 48. Numero de Prandtl

$$PrG = \frac{Cp * G\mu * G}{kG} \quad \text{Ec 48}$$

Ecuación 49. Numero de Nusselt.

$$NuG = \psi * Gr^{\frac{1}{4}} * PrG^{\frac{1}{4}} \quad \text{Ec 49}$$

Ecuación 50. Coeficiente de transferencia de calor externo.

$$h_e = \frac{NuG * kG}{de} \quad \text{Ec 50}$$

**Pérdida de calor en la tubería, sin aislamiento térmico.**

Ecuación 51. Área interna longitudinal de la tubería.

$$A_i = \pi * d_i * Long \quad Ec \ 51$$

Ecuación 52. Área externa longitudinal de la tubería.

$$A_e = \pi * d_e * Long \quad Ec \ 52$$

Ecuación 53. Pérdida de energía.

$$Q = \frac{T_1 - T_{amb}}{\frac{1}{h_i * A_i} + \frac{\ln\left(\frac{d_e}{d_i}\right)}{2 * \pi * Long * kt} + \frac{1}{h_e * A_e}} \quad Ec \ 53$$

Ecuación 54. Flujo masico de líquido.

$$M = F * \rho L \quad Ec \ 54$$

Ecuación 55. Temperatura del líquido en el tanque.

$$T_o = \frac{Q}{M * CpL} + T_1 = 45,066^{\circ}C \quad Ec \ 55$$

Ecuación 56. Rectificación de temperatura de superficie.

$$T_{sC} = \frac{Q}{h_e * A_e} + T_{amb} = 84,468^{\circ}F \quad Ec \ 56$$

### **Evaluación mecánica.**

Ecuación 57. Factor de fricción.

$$f = \frac{64}{ReL} \quad \text{Ec 57}$$

Ecuación 58. Pérdida de carga en la tubería.

$$\Delta P = f * \frac{Long}{de} * \frac{Us^2}{2 * g} * \rho L * g \quad \text{Ec 58}$$

$$\Delta P = 4,418 \times 10^{-3} \text{ bar}$$

## Anexo 8. Decreto de Subsidio Tarifa Social Provincial.

EJE SA

EJE SA INFORMA

De acuerdo a lo dispuesto por Resolución SUSEPU N° 231/2019, y para reflejar el descuento del componente SAP (Sistema Alzado Provincial) con valor igual a \$0 (cero), resulta el siguiente cuadro tarifario de EJE SA, que tendrá vigencia desde el 1° de Noviembre del año 2019 hasta 31 de Enero del año 2020

| SUBSIDIO TARIFA SOCIAL PROVINCIAL DECRETO<br>(VIGENCIA 1 DE NOVIEMBRE DEL AÑO 2019 AL 31 DE ENERO DE 2020)                                |        | Decreto N° 5.0386<br>ISPTV |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------|--|--|--|
| TARIFA T1                                                                                                                                 | UNIDAD | IMPORTE                    |  |  |  |
| <b>Pequeñas Demandas</b>                                                                                                                  |        |                            |  |  |  |
| <b>T1-S Tarifa Social</b>                                                                                                                 |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 122,66                     |  |  |  |
| Cargo Variable Tarifa Social (Primeros 150 kWh/mes)                                                                                       | \$kWh  | 0,4867                     |  |  |  |
| Cargo Variable Tarifa Social (Excedentes a 150 kWh/mes, sin superar los 300 kWh/mes)                                                      | \$kWh  | 3,8157                     |  |  |  |
| Cargo Variable Tarifa Social (Excedentes a 300 kWh/mes)                                                                                   | \$kWh  | 5,0697                     |  |  |  |
| <b>Electrodependientes</b>                                                                                                                |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 122,66                     |  |  |  |
| Cargo Variable (Primeros 600 kWh/mes)                                                                                                     | \$kWh  | 1,3431                     |  |  |  |
| Cargo Variable (Excedentes a 600 kWh/mes, si el consumo es menor o igual con respecto al mismo mes de año anterior)                       | \$kWh  | 2,5262                     |  |  |  |
| Cargo Variable (Excedentes a 600 kWh/mes, sin superar los 1050 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes de año anterior) | \$kWh  | 2,5262                     |  |  |  |
| Cargo Variable (Excedentes a 1050 kWh/mes, si el consumo es mayor con respecto al mismo mes de año anterior)                              | \$kWh  | 2,5262                     |  |  |  |
| <b>T1-R Uso Residencial</b>                                                                                                               |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 122,66                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía primeros 150 kWh/mes                                                                                | \$kWh  | 3,9026                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 150 kWh/mes                                                                            | \$kWh  | 5,0697                     |  |  |  |
| <b>T1-G Uso General</b>                                                                                                                   |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo General                                                                                                                        | \$mes  | 304,8                      |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía primeros 350 kWh/mes                                                                                | \$kWh  | 3,9188                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía excedentes a 350 kWh/mes                                                                            | \$kWh  | 5,4197                     |  |  |  |
| <b>T1-AP Alumbrado Público</b>                                                                                                            |        |                            |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía                                                                                                     | \$mes  | 5,2299                     |  |  |  |
| TARIFA T2MD                                                                                                                               | UNIDAD | IMPORTE                    |  |  |  |
| <b>Medianas Demandas BT</b>                                                                                                               |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 10 kW, e inferior a 50 kW                                                                      |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 773,54                     |  |  |  |
| Cargo Potencia en horas de punta                                                                                                          | \$kW   | 82,31                      |  |  |  |
| Cargo de Potencia Máxima contratada                                                                                                       | \$kW   | 407,11                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía                                                                                                     | \$kWh  | 2,6714                     |  |  |  |
| <b>Medianas Demandas BT Estacionales</b>                                                                                                  |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 10kW, e inferior a 50kW                                                                        |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 773,49                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía                                                                                                     | \$kW   | 5,1958                     |  |  |  |
| TARIFA T3                                                                                                                                 | UNIDAD | IMPORTE                    |  |  |  |
| <b>Grandes Demandas BT</b>                                                                                                                |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW                                                                     |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 1533,75                    |  |  |  |
| Cargo Potencia horas punta contratada                                                                                                     | \$kW   | 88,41                      |  |  |  |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                                                                                          | \$kW   | 428,53                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta                                                                                   | \$kWh  | 2,7843                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto                                                                                   | \$kWh  | 2,6890                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle                                                                                   | \$kWh  | 2,5543                     |  |  |  |
| <b>Grandes Demandas BT</b>                                                                                                                |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW                                                                                         |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 1533,75                    |  |  |  |
| Cargo Potencia horas punta contratada                                                                                                     | \$kW   | 88,41                      |  |  |  |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                                                                                          | \$kW   | 428,53                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta                                                                                   | \$kWh  | 3,8869                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto                                                                                   | \$kWh  | 3,7116                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle                                                                                   | \$kWh  | 3,5557                     |  |  |  |
| <b>Grandes Demandas BT Estacionales</b>                                                                                                   |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW                                                                     |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 1533,75                    |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta                                                                                   | \$kWh  | 5,3548                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto                                                                                   | \$kWh  | 5,2395                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle                                                                                   | \$kWh  | 5,1248                     |  |  |  |
| <b>Grandes Demandas MT</b>                                                                                                                |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW                                                                     |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 7614,7                     |  |  |  |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                                                                                                     | \$kW   | 83,65                      |  |  |  |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                                                                                          | \$kW   | 228,96                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta                                                                                   | \$kWh  | 2,5396                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto                                                                                   | \$kWh  | 2,4345                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle                                                                                   | \$kWh  | 2,3299                     |  |  |  |
| <b>Grandes Demandas MT</b>                                                                                                                |        |                            |  |  |  |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW                                                                                         |        |                            |  |  |  |
| Cargo Fijo                                                                                                                                | \$mes  | 7614,7                     |  |  |  |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                                                                                                     | \$kW   | 83,65                      |  |  |  |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                                                                                          | \$kW   | 228,96                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de punta                                                                                   | \$kWh  | 3,5271                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de resto                                                                                   | \$kWh  | 3,3855                     |  |  |  |
| Cargo Variable por consumo de energía en horas de valle                                                                                   | \$kWh  | 3,2433                     |  |  |  |

| TARIFA T4 PFTT                                                       | UNIDAD | IMPORTE |
|----------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| <b>Medianas Demandas BT PFTT</b>                                     |        |         |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 30 kW, e inferior a 50 kW |        |         |
| Cargo Fijo                                                           | \$mes  | 773,54  |
| Cargo Potencia en horas de Punta                                     | \$kW   | 12,56   |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                     | \$kW   | 428,53  |
| Cargo Variable por consumo de energía                                | \$kWh  | 0,3221  |

| TARIFA T5 PFTT                                                        | UNIDAD | IMPORTE |
|-----------------------------------------------------------------------|--------|---------|
| <b>Grandes Demandas BT PFTT</b>                                       |        |         |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW |        |         |
| Cargo Fijo                                                            | \$mes  | 1533,75 |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                                 | \$kW   | 12,56   |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                      | \$kW   | 428,53  |
| Cargo Variable por transporte de energía en horas de Punta            | \$kWh  | 0,3369  |
| Cargo Variable por transporte de energía en horas de resto            | \$kWh  | 0,3217  |
| Cargo Variable por transporte de energía en horas de valle            | \$kWh  | 0,3070  |

|                                                           |       |         |
|-----------------------------------------------------------|-------|---------|
| <b>Grandes Demandas BT PFTT</b>                           |       |         |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW         |       |         |
| Cargo Fijo                                                | \$mes | 1533,75 |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                     | \$kW  | 12,56   |
| Cargo Potencia Máxima contratada                          | \$kW  | 428,53  |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de Punta | \$kWh | 0,1693  |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de resto | \$kWh | 0,1617  |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de valle | \$kWh | 0,1547  |

|                                                                       |       |        |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|--------|
| <b>Grandes Demandas MT PFTT</b>                                       |       |        |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 50 kW, e inferior a 300 kW |       |        |
| Cargo Fijo                                                            | \$mes | 7614,7 |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                                 | \$kW  | 6,01   |
| Cargo Potencia Máxima contratada                                      | \$kW  | 228,96 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de punta             | \$kWh | 0,1075 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de resto             | \$kWh | 0,1024 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de valle             | \$kWh | 0,0978 |

|                                                           |       |        |
|-----------------------------------------------------------|-------|--------|
| <b>Grandes Demandas MT PFTT</b>                           |       |        |
| Potencia máxima contratada igual o mayor a 300 kW         |       |        |
| Cargo Fijo                                                | \$mes | 7614,7 |
| Cargo Potencia horas Punta contratada                     | \$kW  | 6,01   |
| Cargo Potencia Máxima contratada                          | \$kW  | 228,96 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de Punta | \$kWh | 0,1466 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de resto | \$kWh | 0,1400 |
| Cargo Variable por energía transportada en horas de valle | \$kWh | 0,1339 |

| CARGOS POR DERECHOS DE CONEXIÓN                           | UNIDAD | IMPORTE |
|-----------------------------------------------------------|--------|---------|
| <b>Conexiones Comunes</b>                                 |        |         |
| 1- Aterres Monofásicos Tarifa Social                      | \$     | 1069    |
| 2- Aterres Monofásicos                                    | \$     | 1282    |
| 3- Aterres Trifásicos                                     | \$     | 2428    |
| 4- Subterráneos Monofásicos                               | \$     | 3963    |
| 5- Subterráneos Trifásicos                                | \$     | 6093    |
| <b>Conexiones Especiales</b>                              |        |         |
| 1- Aterres Monofásicos                                    | \$     | 3367    |
| 2- Aterres Trifásicos                                     | \$     | 5933    |
| 3- Subterráneos Monofásicos                               | \$     | 10834   |
| 4- Subterráneos Trifásicos                                | \$     | 11201   |
| <b>Cargos por Suspensión y Rehabilitación de Servicio</b> |        |         |
| T1 - Servicio Monofásico Tarifa Social                    | \$     | 427     |
| T1 - Servicio Monofásico                                  | \$     | 427     |
| T1 - Servicio Trifásico                                   | \$     | 2021    |
| T2 - T3 - T4 - T5                                         | \$     | 2022    |

| CARGOS FONINVEMEM                 | UNIDAD | IMPORTE |
|-----------------------------------|--------|---------|
| T1 Generales                      | \$kWh  | 0,0341  |
| T1 Alumbrado Público              | \$kWh  | 0,0341  |
| T2 Medianas Demandas              | \$kWh  | 0,0341  |
| T3 Grandes Demandas BT            | \$kWh  | 0,0341  |
| T4 Grandes Demandas MT            | \$kWh  | 0,0338  |
| T4 Medianas Demandas Estacionales | \$kWh  | 0,0341  |
| T4 Grandes Demandas Estacionales  | \$kWh  | 0,0341  |

CENTRO DE CONTACTOS

LÍNEA ASISTENCIA  
0800 886 0077

SITIO WEB  
ejesa.com.ar

SALA AL  
50150

### Anexo 9. Código en Matlab para estimar la cantidad de aislante requerido en las tuberías del proceso.

```

clc                                Tamb=62.6;      %Temperatura ambiente
                                   [%F]
clear
                                   rHoG= 0.072;      %Densidad del aire
                                   ambiental [lb/ft^3]
% Constantes y variables de proceso
%Parámetros de calculo
                                   cpG=0.24;      %Capacidad calorífica del
warning('off', 'all')              aire [BTU(lb*R)]
%Variable      %Descripción
                                   kG=0.023;      %Conductividad térmica del
Tolerancia=1E-3 %Tolerancia de cálculo
                                   aire [BTU/(hr*ft*R)]
[Adimensional]
                                   muG=0.045;      %Viscosidad dinámica del
                                   aire [lb/(hr*ft)]
% Datos del fluido.
%Variable      %Descripción
                                   betta=0.019;    %Coeficiente de dilatación
F=0.031;      %Flujo de líquido en la tubería
                                   [R^-1]
[ft^3/hr]
                                   g=4.17E8;      %Gravedad [ft/hr^2]
T1=83.282;    %Temperatura del fluido
                                   %Datos de la tubería
[%F]
                                   %Variable      %Descripción
                                   de=4.154*3.281E-3; %Diámetro externo
                                   de la tubería [ft]
                                   esp=0.553*3.281E-3; %Espesor de la
                                   tubería [ft]
                                   di=de-esp*2;      %Diámetro interno de la
                                   tubera
                                   kt=30;          %Conductividad térmica de
                                   la tubería [BTU/(hr*ft*R)]
% Datos del ambiente
%Variable      %Descripción
    
```

```

    esp1=100*3.281E-3;          %Espesor del
    aislante [ft]

    kais1=0.1;          %Conductividad térmica
    del aislante [BTU/(hr*ft*R)]

    L=12.589;          %Longitud de la tubería
    [ft]

    %Cálculo del coeficiente de transferencia de
    calor interno

    %Variable          %Descripción

    Si=pi*(di/2)^2;          %Sección transversal
    interna de la tubería [ft^2]

    u=F/Si;          %Velocidad media de la
    tubería [ft/hr]

    ReL=(rHoL*u*di/(muL));%Numero de
    Reynolds [Adimensional]

    PrL=(cpL*muL)/kL ;          %Numero de
    Prandlt [Adimensional]

    NuL=3.66+(0.068*(di/L)*ReL*PrL)/(1+0.0
    4*((di/L)*ReL*PrL)^(2/3)); %Numero de
    Nusselt

    hi=(NuL*kL)/di;          %Coeficiente de
    transferencia de calor interno
    [BTU/(hr+ft^2*R)]

    %Cálculo de coeficiente de transferencia de
    calor externo - sin aislante

    %Variable          %Descripción

    Ts_est=T1;          %Temperatura de superficie
    estimada

    Error=1;          %Semilla de iteración

    while Error ~=0

    Ts_est=Ts_est-Tolerancia;

    Gr=(betta*g*(Ts_est-
    Tamb)*de^3*rHoG^2)/(muG^2); %Numero
    de Grashoff

    fi=0.47;          %Coeficiente de corrección

    PrG=cpG*muG/kG;          %Numero de
    Prandlt del gas [Adimensional]

    NuG=fi*Gr^(1/4)*PrG^(1/4); %Numero de
    Nusselt

    he=NuG*kG/de;          %Coeficiente de
    transferencia de calor externo
    [BTU/(hr*ft^2*R)]

    %Cálculo de la pérdida de energía - sin
    aislante

    %Variable          %Descripción

    Ai=pi*di*L;          %Área de transferencia
    interna [ft^2]

```

```

    Ae=pi*de*L;          %Área de transferencia
externa [ft^2]

Rest=(1/(hi*Ai))+(log(de/di)/(2*pi*L*kt))+(
1/(he*Ae));          %Resistencia      térmica
[(hr*ft^2*R)/BTU]

Q=(T1-Tamb)/Rest ;    %Pérdidas térmicas
[(BTU/hr)]

M=F*rHoL;              %Flujo masico de
líquido [kg/hr]

To=Q/(M*cpL)+T1 ;    % Temperatura en
el origen [°F]

Ts=Q/(he*Ae)+Tamb;    %Temperatura de
superficie corregida [°C]

Error=abs((Ts_est-Ts)/Ts); %Error

if Error<=Tolerancia
    break;
endif
endwhile

printf("los cálculos sin aislar la tubería
arrojan que:")

fprintf("Las pérdidas térmicas totales son
%f[BTU/hr]",Q)

fprintf("Las pérdidas térmicas por Longitud
son %f/[BTU/(ft*hr)]",Q/L)

fprintf("El error de la iteración fue
%f[Adimensional]",Error)

fprintf("Las temperatura media de superficie
%f[°F]",Ts)

fprintf("Las temperatura media en el origen
L=0 %f[°F]",To)

%Cálculo de coeficiente de transferencia de
calor externo - con aislante [plot]

%Variable      %Descripción

Ts_est1=T1;    %Temperatura de superficie
estimada

Error1=1;      %Semilla de iteración

while Error1 ~=0

    Ts_est1=Ts_est1.-Tolerancia;

    Gr1=(beta*g*(Ts_est1-
Tamb)*(de+esp1^2)^3*rHoG^2)/(muG^2);
%Numero de Grashoff

    fi=0.47;      %Coeficiente de corrección

    PrG=cpG*muG/kG;      %Numero de
Prandlt del gas [Adimensional]

    NuG1=fi*Gr1^(1/4)*PrG^(1/4); %Numero
de Nusselt

    he1=NuG1*kG/(de+2*esp1);

%Coeficiente de transferencia de calor
externo [BTU/(hr*ft^2*R)]

```

%Cálculo de la pérdida de energía - con  
 aislante

%Variable            %Descripción

$Ae1 = \pi * (de + esp1^2) * L;$             %Área de  
 transferencia externa [ft^2]

$Rest1 = (1/(hi * Ai)) + (\log(de/di)/(2 * \pi * L * kt)) +$   
 $(\log((de + esp1^2)/de)/(2 * \pi * L * kais1)) + (1/(h$   
 $e1 * Ae1));$             %Resistencia            térmica  
 [(hr\*ft^2\*R)/BTU]

$Q1 = (T1 - Tamb)/Rest1$  ;            %Pérdidas  
 térmicas [(BTU/hr)]

$M = F * rHoL;$             %Flujo masico de  
 líquido [kg/hr]

$To1 = Q1/(M * cpL) + T1$  ;            % Temperatura  
 en el origen [°F]

$Ts1 = Q1/(he1 * Ae1) + Tamb;$   
 %Temperatura de superficie corregida [°C]

$Error1 = \text{abs}((Ts\_est1 - Ts1)/Ts1)$  %Error

if Error1 <= Tolerancia

break;

endif

endwhile

printf("los cálculos aislada la tubería arrojan  
 que:")

fprintf("Las pérdidas térmicas totales son  
 %f[BTU/hr]", Q1)

fprintf("Las pérdidas térmicas por Longitud  
 son %f/[BTU/(ft\*hr)]", Q1/L)

fprintf("El error de la iteración fue  
 %f[Adimensional]", Error1)

fprintf("Las temperatura media de superficie  
 %f[°F]", Ts1)

fprintf("Las temperatura media en el origen  
 L=0 %f[°F]", To1)

fprintf("El radio del aislante es de %f [ft]",  
 (esp1/3.281E-3))

fprintf("Se ahorra en gastos calóricos un  
 %f", ((Q-Q1)/Q))

%Cálculo de coeficiente de transferencia de  
 calor externo - con aislante [plot]

%Variable            %Descripción

n=100            %nro de puntos

Limite=100            %Limite de espesor a  
 estudiar [mm]

$Ts\_est2 = \text{zeros}(n, 1);$             %Temperatura de  
 superficie estimada [°F]

```
Error2=linspace(1,(Ts_est2+(Tolerancia)*10
),1); %Semilla de iteración [Adimensional]
```

```
X=linspace(0.0001,Limite).*3.281E-3 ; %
Vector de radio del aislante
```

```
for i=1:1
```

```
    if i=1
```

```
        Ts_est2(1)=Ts
```

```
    while Error2(i)>Tolerancia
```

```
        Ts_est2(i)=Ts_est2(i)-Tolerancia;
```

```
        Gr2(i)=(betta.*g.*(Ts_est2(i)-
Tamb).*(de+(X(i).^2)).^3*rHoG.^2)./(muG.
^2); %Numero de Grashoff
```

```
        fi=0.47; %Coeficiente de corrección
```

```
        PrG=cpG*muG/kG; %Numero de
Prandlt del gas [Adimensional]
```

```
        NuG2(i)=fi*Gr2(i).^(1/4)*PrG^(1/4);
%Numero de Nusselt
```

```
        he2(i)=NuG2(i)*kG./(de+X(i).^2);
%Coeficiente de transferencia de calor
externo [BTU/(hr*ft^2*R)]
```

```
%Cálculo de la pérdida de energía - con
aislante
```

```
%Variable %Descripción
```

```
Ae2(i)=pi*(de+X(i).^2)*L; %Área de
transferencia externa [ft^2]
```

```
Rest2(i)=(1/(hi*Ai))+(log(de/di)/(2*pi*L*kt
))+(log((de+X(i).^2)/de)/(2*pi*L*kais1))+(1
./(he2(i).*Ae2(i))); %Resistencia térmica
[(hr*ft^2*R)/BTU]
```

```
Q2(i)=(T1-Tamb)*(Rest2(i).^-1);
%Pérdidas térmicas [(BTU/hr)]
```

```
M=F*rHoL; %Flujo masico de
líquido [kg/hr]
```

```
To2=(Q2./(M*cpL))+T1 ; %
Temperatura en el origen [°F]
```

```
Ts2(i)=(Q2(i)./(he2(i).*Ae2(i)))+Tamb;
%Temperatura de superficie corregida [°C]
```

```
Error2(i)=abs((Ts_est2(i)-Ts2(i))./Ts2(i))
%Error
```

```
endwhile
```

```
endif
```

```
endfor
```

```
for i=2:n
```

```
    if i>1
```

```
        Ts_est2(i)=Ts_est2(i-1)
```

```
        while Error2(i)>Tolerancia
```

```
            Ts_est2(i)=Ts_est2(i)-Tolerancia;
```

```

Gr2(i)=(beta.*g.*(Ts_est2(i)-
Tamb).*(de+(X(i).^2)).^3*rHoG.^2)./(muG.
^2) ;%Numero de Grashoff

fi=0.47;          %Coeficiente de corrección

PrG=cpG*muG/kG;          %Numero de
Prandlt del gas [Adimensional]

NuG2(i)=fi*Gr2(i).^(1/4)*PrG^(1/4);
%Numero de Nusselt

he2(i)=NuG2(i)*kG./(de+X(i).^2);
%Coeficiente de transferencia de calor
externo [BTU/(hr*ft^2*R)

%Cálculo de la pérdida de energía - con
aislante

%Variable          %Descripción

Ae2(i)=pi*(de+X(i)^2)*L;          %Area de
transferencia externa [ft^2]

Rest2(i)=(1/(hi*Ai))+(log(de/di)/(2*pi*L*kt
))+(log((de+X(i).^2)/de)/(2*pi*L*kais1))+(1
./(he2(i).*Ae2(i))); %Resistencia térmica
[(hr*ft^2*R)/BTU]

Q2(i)=(T1-Tamb)*(Rest2(i).^(-1);
%Pérdidas térmicas [(BTU/hr)]

M=F*rHoL;          %Flujo masico de
líquido [kg/hr]

To2=(Q2./(M*cpL))+T1 ;          %
Temperatura en el origen [°F]

Ts2(i)=(Q2(i)./(he2(i).*Ae2(i)))+Tamb;
%Temperatura de superficie corregida [°C]

Error2(i)=abs((Ts_est2(i)-Ts2(i))./Ts2(i));
%Error

endwhile

endif

endfor

figure(1)

plot((X/3.281E-
3),Q2,linspace(Q,(Q+(Tolerancia/1E20)),Li
mite))

xlabel ("Radio del aislante [in]")

ylabel ("Pérdidas térmicas [BTU/hr]")

title ("Pérdidas térmicas en función del radio
del aislante")

legend ("Pérdidas con aislante", "Pérdidas sin
aislante")

disp([ (X/3.281E-3)',Q2',Ts2',Rest2'])

figure(2)

plot((X/3.281E-3),Ts_est2)

xlabel ("Radio del aislante [in]")
    
```

```
ylabel ("Temperatura [°F]")
```

```
title ("Variación de temperatura de superficie  
con aislante")
```

```
disp([(X/3.281E-3)',Q2',Ts2',Rest2'])
```