

## PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIERA DE UN PROYECTO DE  
INSTALACIÓN DE UN LAVADERO DE MÁQUINAS DE GRAN PORTE**

**Ávila, Julián – LU1020937**

Ingeniería Industrial

**Greco, Juan Pablo – LU1084489**

Ingeniería Industrial

Tutor:

**Valassina, Juan Francisco, UADE**

**2022**

# UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

## Agradecimientos

A nuestras familias y amigos que nos acompañaron en este camino por su apoyo incondicional.

Al personal de Trataresiduos S.A. por brindarnos su tiempo, conocimientos e información necesaria para la realización de este trabajo.

Al Arq. Sebastián Sedelli por brindarnos sus conocimientos para la elaboración de los planos del proyecto.

Al Ing. Juan Francisco Valassina por su tutoría y acompañamiento en la realización de este trabajo.

A Ana Laura Darduín por su tiempo y excelente predisposición para evacuar todo tipo de dudas respecto a la realización del Proyecto Final.

A la Universidad Argentina de la Empresa por formarnos como profesionales.

## Resumen

Los equipos de gran porte son fundamentales para la operación de un relleno sanitario ya que con ellos se realiza la preparación del suelo para la disposición final de los residuos sólidos urbanos (RSU) y su correspondiente tratamiento. Por ello, es fundamental asegurar la disponibilidad de estas máquinas mediante tareas de mantenimiento preventivo.

El mantenimiento de las máquinas, para ser eficaz, requiere de una limpieza previa para que éstas puedan ser correctamente inspeccionadas y para que puedan aplicarse las acciones de mantenimiento convenientemente. El proceso de lavado actual de los equipos presenta deficiencias en infraestructura como lo son la baja iluminación; la falta de un adecuado espacio para el lavado y la ausencia de equipos mecánicos suficientes para asegurar que todas las potenciales fallas o fallas futuras sean detectadas al momento de realizar las tareas de mantenimiento de los equipos de gran porte. Tampoco asegura la eficiencia en el tratamiento y disposición final de residuos peligrosos (agua con hidrocarburos) generados durante las operaciones de lavado. Esto da lugar a la elaboración de la presente propuesta.

El objetivo de este trabajo es evaluar la factibilidad técnica, económica y financiera del montaje de un lavadero de máquinas de gran porte en el relleno sanitario donde éstas operan. Técnicamente, las ventajas de implementar el proyecto suponen una mejora en la calidad del proceso de lavado, mayor seguridad del personal, la eficiencia en el tratamiento de los residuos peligrosos y una mejor preservación del ambiente. Desde un punto de vista económico financiero, trae consigo una reducción de costos en el servicio de recolección y disposición final de residuos peligrosos y un recupero económico por disminución de mantenimientos correctivos.

Definidos los aspectos técnicos del proyecto y analizados los costos, la propuesta del nuevo lavadero de equipos de gran porte con un período de vida de 10 años arrojó un valor actual neto (VAN) de USD 27.082,49, una tasa interna de retorno (TIR) del 16,12% y un período de repago de 4,43 años.

## Abstract

Large equipment is essential for the operation of a landfill, since it is used to prepare the soil for the final disposal of municipal solid waste (MSW) and its corresponding treatment. Therefore, it is essential to ensure the availability of these machines through preventive maintenance tasks.

The maintenance of the machines, to be effective, requires a previous cleaning so that they can be correctly inspected and to apply the maintenance actions conveniently. The current washing process of the large equipment presents deficiencies in infrastructure such as low lighting, the lack of adequate space for washing and the absence of mechanical equipment to ensure that all potential failures or future failures are detected when carrying out the maintenance tasks. Nor does it ensure the efficiency in the treatment and final disposal of hazardous waste (water with hydrocarbons) generated during washing operations. This leads to the development of this proposal.

The objective of this work is to evaluate the technical, economic, and financial feasibility of setting up a large machine-washing facility in the sanitary landfill where they operate. Technically, the advantages of implementing the project involve an improvement in the quality of the washing process, greater personal safety, efficiency in the treatment of hazardous waste and better preservation of the environment. From an economic and financial point of view, it brings a reduction in costs in the collection and final disposal of hazardous waste and an economical recovery due to a decrease in corrective maintenance.

Once the technical aspects of the project have been defined and the costs have been analyzed, the proposal for the new large machine-washing facility with a 10-year lifespan yielded a net present value (NPV) of USD 27,082.49, an internal rate of return (IRR) of 16.12% and a payback of 4.43 years.

## Contenidos

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b>  | <b>10</b> |
| <b>2. INSERCIÓN EN LOS RELLENOS SANITARIOS</b>  | <b>11</b> |
| <b>3. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA</b>   | <b>13</b> |
| 3.1. PROCESO GENERAL DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS   | 14        |
| 3.1.1. <i>Procedimiento operativo de celdas de disposición</i>                                    | 14        |
| 3.1.1.1. Metodología constructiva de celdas de disposición  | 14        |
| 3.1.1.2. Procedimiento de llenado de celdas   | 14        |
| 3.1.1.3. Distribución y compactación de los residuos  | 15        |
| 3.1.1.4. Circulación dentro del predio  | 16        |
| 3.1.2. <i>Colección y transporte de lixiviados</i>  | 16        |
| 3.1.2.1. Sistema de filtración de efluentes líquidos  | 16        |
| 3.1.2.2. Cañería de colección   | 17        |
| 3.1.2.3. Sumideros y bombas   | 17        |
| 3.1.3. <i>Almacenamiento y tratamiento de lixiviados</i>  | 18        |
| 3.1.4. <i>Cierre y Post Cierre</i>  | 18        |
| 3.1.4.1. Etapa de cierre  | 18        |
| 3.1.4.2. Etapa de post-cierre   | 19        |
| <b>4. MARCO LEGAL</b>   | <b>23</b> |
| 4.1. ACUERDOS INTERNACIONALES   | 23        |
| 4.2. LEGISLACIÓN NACIONAL   | 25        |
| 4.2.1. <i>Ley general del ambiente (25.675)</i>   | 25        |
| 4.2.2. <i>Ley de gestión de residuos domiciliarios (25.916)</i>                                   | 28        |
| 4.2.3. <i>Resolución Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable 410/18</i>                   | 28        |
| 4.3. LEGISLACIÓN PROVINCIA DE BUENOS AIRES  | 29        |
| 4.3.1. <i>Ley 13.592: Gestión integral de residuos sólidos urbanos</i>                            | 29        |
| 4.3.2. <i>Ley 11.720: Residuos especiales.</i>  | 31        |
| 4.3.3. <i>Resolución OPDS 133/11: Lavado de transporte de sustancias y/o residuos especiales.</i> |           |
| <i>Operadores</i>   | 32        |
| 4.3.4. <i>Resolución SPA 344/98: Residuos especiales</i>  | 32        |
| <b>5. ESTUDIO DE MERCADO</b>  | <b>33</b> |
| 5.1. ANÁLISIS ESTRATÉGICO   | 33        |
| 5.2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE LAVADOS  | 33        |
| 5.2.1. <i>Dotación de máquinas de gran porte</i>  | 33        |
| 5.2.1.1. Topadores  | 34        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 5.2.1.2.  | Compactadores   | 35        |
| 5.2.1.3.  | Motoniveladora  | 35        |
| 5.2.1.4.  | Palas cargadoras  | 36        |
| 5.2.1.5.  | Excavadoras   | 37        |
| 5.2.1.6.  | Retroexcavadoras cargadoras   | 38        |
| 5.3.      | DEMANDA ANUAL DE LAVADOS  | 40        |
| <b>6.</b> | <b>ESTUDIO TÉCNICO</b>  | <b>40</b> |
| 6.1.      | DESCRIPCIÓN DE LAS OPERACIONES ACTUALES DE LAS MÁQUINAS DE GRAN PORTE                       | 40        |
| 6.1.1.    | <i>Operación actual de equipos de gran porte en la playa de descarga (Figura 11)</i>        | 40        |
| 6.1.2.    | <i>Proceso de limpieza y lavado de los equipos de gran porte en taller de mantenimiento</i> | 43        |
| 6.1.2.1.  | Limpieza con aire comprimido  | 43        |
| 6.1.2.2.  | Limpieza por medio de barretas y ganchos  | 43        |
| 6.1.2.3.  | Lavado  | 44        |
| 6.1.2.4.  | Recolección y disposición de residuos remanentes  | 44        |
| 6.1.2.5.  | Tiempo total de limpieza y lavado actuales  | 45        |
| 6.1.2.6.  | Equipamiento necesario  | 45        |
| 6.1.2.7.  | Características del proceso de limpieza y lavado actuales en playa de descarga y taller     | 45        |
| 6.2.      | PROPUESTA DE NUEVO LAVADERO   | 47        |
| 6.2.1.    | <i>Necesidades de limpieza</i>  | 47        |
| 6.2.2.    | <i>Mejora esperada</i>  | 47        |
| 6.2.2.1.  | Mejoras en la disponibilidad  | 48        |
| 6.2.2.2.  | Mejoras en Seguridad e higiene:   | 49        |
| 6.2.2.3.  | Mejoras en el proceso de lavado:  | 50        |
| 6.2.3.    | <i>Nuevo circuito operacional de las máquinas de gran porte</i>                             | 51        |
| 6.2.4.    | <i>Proceso de limpieza y lavado de los equipos de gran porte en lavadero propuesto</i>      | 53        |
| 6.2.4.1.  | Espera eventual   | 53        |
| 6.2.4.2.  | Posicionamiento del equipo para comienzo del proceso de lavado                              | 53        |
| 6.2.4.3.  | Limpieza con aire comprimido  | 53        |
| 6.2.4.4.  | Limpieza por medio de barretas y ganchos  | 53        |
| 6.2.4.5.  | Lavado con agua a presión   | 54        |
| 6.2.4.6.  | Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso                     | 55        |
| 6.2.4.7.  | Retiro del equipo por operador de máquina   | 55        |
| 6.2.4.8.  | Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido                                      | 55        |
| 6.2.5.    | <i>Tratamiento de Efluentes</i>   | 57        |
| 6.2.5.1.  | Colección de efluentes  | 57        |
| 6.2.5.2.  | Separación manual de sólidos  | 58        |

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| 6.2.5.3.          | Separación y disposición de sólidos remanentes                                 | 59        |
| 6.2.5.4.          | Separación de hidrocarburos  | 59        |
| 6.2.5.5.          | Tiempo requerido por el personal del lavadero para el tratamiento de efluentes | 59        |
| 6.2.6.            | <i>Personal necesario</i>  | 60        |
| 6.2.6.1.          | Análisis de productividad y determinación del personal                         | 60        |
| 6.2.6.2.          | Cursograma sinóptico del proceso   | 60        |
| 6.2.6.3.          | Cuestiones de seguridad relacionadas   | 62        |
| 6.2.7.            | <i>Localización</i>  | 62        |
| 6.2.8.            | <i>Diseño</i>  | 63        |
| 6.2.8.1.          | Diagrama simplificado del proceso  | 63        |
| 6.2.8.2.          | Aspectos constructivos   | 65        |
| <b>6.2.8.2.1.</b> | Área de lavado   | 66        |
| <b>6.2.8.2.2.</b> | Área de bombas y tratamiento de aguas residuales                               | 68        |
| <b>6.2.8.2.3.</b> | Área de playón de acceso   | 69        |
| 6.2.9.            | <i>Tecnología</i>  | 69        |
| 6.2.9.1.          | Cabezal giratorio para lavado a presión  | 69        |
| 6.2.9.2.          | Lanzas manuales  | 70        |
| 6.2.9.3.          | Electrobombas para lavado  | 70        |
| <b>6.2.9.3.1.</b> | Electrobomba de alimentación de tanques  | 71        |
| <b>6.2.9.3.2.</b> | Electrobombas booster de línea   | 72        |
| <b>6.2.9.3.3.</b> | Electrobomba de fosa de bombeo con reja de retención de sólidos                | 72        |
| <b>6.2.9.3.4.</b> | Electrobomba recuperadora  | 73        |
| <b>6.2.9.3.5.</b> | Electrobomba de lixiviados   | 74        |
| 6.2.9.4.          | Tanque de reserva  | 74        |
| 6.2.9.5.          | Tablero General de Baja Tensión  | 75        |
| <b>6.2.9.5.1.</b> | Interruptor principal  | 75        |
| <b>6.2.9.5.2.</b> | Interruptores diferenciales  | 77        |
| <b>6.2.9.5.3.</b> | Interruptores termomagnéticos  | 77        |
| 6.2.9.6.          | Pistolas de aire comprimido  | 79        |
| 6.2.9.7.          | Compresor de aire  | 80        |
| 6.2.9.8.          | Separador de sólidos a tornillo  | 80        |
| 6.2.9.9.          | Separador de hidrocarburos de placas flotantes                                 | 81        |
| 6.2.9.10.         | Contenedor de residuos sólidos   | 82        |
| 6.2.10.           | <i>Mantenimiento preventivo del lavadero</i>                                   | 83        |
| <b>7.</b>         | <b>ESTUDIO ECONÓMICO</b>   | <b>84</b> |
| 7.1.              | PROPUESTA DE NUEVO LAVADERO DE EQUIPOS DE GRAN PORTE                           | 84        |
| 7.1.1.            | <i>Inversión</i>   | 84        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 7.1.1.1.   | Local lavadero   | 84         |
| 7.1.1.2.   | Equipos electromecánicos   | 85         |
| 7.1.1.3.   | Iluminación  | 85         |
| 7.1.2.     | <i>Costos operativos del proyecto</i>                                | 86         |
| 7.1.2.1.   | Costos variables   | 86         |
| 7.1.2.2.   | Costos fijos   | 86         |
| 7.1.3.     | <i>Ahorros estimados del proyecto de nuevo lavadero</i>              | 87         |
| 7.2.       | INVERSIONES Y COSTOS DE LAS OPERACIONES ACTUALES                     | 87         |
| 7.2.1.     | <i>Inversiones</i>   | 87         |
| 7.2.2.     | <i>Costos operativos de las operaciones actuales</i>                 | 87         |
| 7.2.2.1.   | Costos variables   | 87         |
| 7.2.2.2.   | Costos fijos   | 88         |
| 7.3.       | COSTOS DIFERENCIALES DE LOS PROCESOS                                 | 89         |
| <b>8.</b>  | <b>EVALUACIÓN FINANCIERA</b>   | <b>89</b>  |
| 8.1.       | ORIGEN DE FONDOS Y COSTO DEL CAPITAL                                 | 90         |
| 8.2.       | DIAGRAMA DE GANTT  | 91         |
| 8.3.       | FLUJO DE FONDOS DE LA PROPUESTA                                      | 92         |
| 8.4.       | RATIOS RELEVANTES  | 92         |
| 8.4.1.     | <i>Payback</i>   | 92         |
| 8.4.2.     | <i>Valor actual neto (VAN)</i>                                       | 93         |
| 8.4.3.     | <i>Tasa interna de retorno (TIR)</i>                                 | 93         |
| 8.5.       | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD DE LAS PRINCIPALES VARIABLES DE IMPORTANCIA | 93         |
| 8.5.1.     | <i>Variación del parque de equipos</i>                               | 93         |
| <b>9.</b>  | <b>CONCLUSIONES</b>  | <b>96</b>  |
| 9.1.       | VENTAJAS   | 96         |
| 9.2.       | DESVENTAJAS  | 96         |
| 9.3.       | DECISIÓN FINAL   | 97         |
| <b>10.</b> | <b>BIBLIOGRAFÍA</b>  | <b>98</b>  |
| <b>11.</b> | <b>ANEXOS</b>  | <b>100</b> |
| 11.1.      | ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD  | 100        |
| 11.2.      | ELECCIÓN DE BOMBAS PARA LA INSTALACIÓN                               | 101        |
| 11.3.      | CÁLCULO DETERMINACIÓN COMPRESOR DE AIRE                              | 103        |
| 11.4.      | CÁLCULOS ILUMINACIÓN   | 104        |
| 11.5.      | PLANILLA DE CARGAS ELÉCTRICAS  | 107        |
| 11.6.      | PLANOS   | 109        |



|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 11.7.   | ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO                                       | 114 |
| 11.7.1. | <i>Detalle de costos del proceso actual y del proceso propuesto</i> | 114 |
| 11.7.2. | <i>Detalle de los costos diferenciales del proyecto</i>             | 115 |
| 11.7.3. | <i>Flujo de inversiones</i>   | 115 |
| 11.7.4. | <i>Análisis de sensibilidad</i>                                     | 115 |

## **1. Introducción**

El objetivo de este proyecto es evaluar la factibilidad técnica y económico-financiera de la instalación y operación de un lavadero de máquinas de gran porte (compactadoras, topadores, motoniveladoras, retroexcavadoras, entre otras) en el Complejo Ambiental Norte III, ubicado en la localidad de José León Suarez. Se espera que este proyecto asegure que el mantenimiento preventivo y correctivo de las maquinarias sea ejecutado en forma sustentable desde el punto de vista de la seguridad de las personas, de la conservación del ambiente y de la calidad de los trabajos ejecutados.

Para cumplir con el objetivo se desarrollará el trabajo en seis etapas. En una primera etapa se introducirá al lector sobre la temática de rellenos sanitarios y se presentará y describirá el proceso general de recepción y disposición de residuos sólidos urbanos de Trataresiduos S.A., empresa operadora del Complejo Ambiental Norte III. En una segunda etapa, se tratará el estudio de mercado en el contexto interno de la compañía, determinando el rol de las máquinas de gran porte, sus necesidades de mantenimiento preventivo, la dotación de máquinas y la demanda anual de lavados. En la tercera etapa, se abordará el estudio técnico comenzando con un análisis de los requisitos legales a cumplir en la operación del lavadero propuesto y el proceso de lavado actual. Luego, se procederá a detallar el proceso de lavado actual y el propuesto estudiando sus requerimientos. Se describirá el diseño del nuevo lavadero, sus aspectos constructivos y tecnológicos y su operación, cumpliendo con la demanda de limpieza de la maquinaria actual que determinará el volumen de agua necesario y las cantidades de efluentes sólidos y líquidos producto del proceso planteado. En una cuarta etapa, se realizará el estudio económico que determinará los costos de las dos propuestas presentadas en el estudio técnico. La quinta etapa consistirá en confeccionar el flujo de fondos del proyecto, identificando el origen y aplicación de fondos y los ratios relevantes. Se realizará un análisis de sensibilidad de las variables que se consideren de importancia producto del estudio realizado previamente y se elaborará un diagrama de Gantt del proyecto indicando los hitos fundamentales. En la última etapa se desarrollarán las conclusiones globales del estudio de factibilidad realizado, pormenorizando las principales ventajas y desventajas de la propuesta.

## **2. Inserción en los rellenos sanitarios**

Según un estudio realizado por la Cámara Argentina de la Construcción (González, 2010) sólo el Área Metropolitana de Buenos Aires, genera 5.5 millones de toneladas de residuos por año, es por esto que es de suma importancia su correcta recolección, tratamiento y disposición final. Por la necesidad de proteger la salud y seguridad del hombre, controlar el esparcimiento de residuos es fundamental y una forma de facilitar su recolección es la implementación de un servicio contenerizado, aunque no siempre es una solución viable ante distintas características de infraestructura de las ciudades y comportamiento de la población. En Argentina, afirma el estudio anteriormente citado, son pocos los sitios donde se ha implementado esta práctica. En la mayoría de los municipios la disposición se efectúa en bolsas sobre la acera. Cuanto más grandes son las ciudades más complejos y variados se vuelven los servicios de recolección. Por ejemplo, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) existen distintos tipos de estos servicios entre los que se pueden nombrar la recolección domiciliaria manual, domiciliaria mecanizada, diferenciada, de producido de barrido y limpieza de calles, de grandes generadores, entre otras.

Cuando las distancias entre el sitio de recolección y disposición final son demasiado grandes, se utilizan las llamadas Estaciones de Transferencia, con el fin de hacer más eficiente el transporte. Las Estaciones de Transferencia son puntos intermedios a los cuales llegan los vehículos de recolección para luego acumular los RSU en camiones de mayor tamaño con costos unitarios de transporte menores. Los principales beneficios derivados del uso de las estaciones de transferencia pueden resumirse en economía de transporte, ahorro de trabajo, ahorro de energía, reducción de costos por desgaste y roturas de equipos y reducción del frente de descarga en rellenos. Existen diversas formas de transferencia de residuos en la CABA. En particular, en las estaciones de transferencia de CEAMSE se utiliza el sistema de compactación electrohidráulica que permite una operación rápida y eficiente teniendo en cuenta la cantidad de residuos que produce la compactación.

En cuanto a la disposición final, en la Argentina, predominan los sistemas de rellenos sanitarios y los basurales a cielo abierto. Todos los municipios con más de 500.000 habitantes implementan el relleno controlado como sistema, mientras que en los municipios medianos y

pequeños (menos de 100.000 habitantes) generalmente los RSU se disponen en basurales a cielo abierto debido a la amplia brecha de infraestructura necesaria para alcanzar cifras razonables en concordancia con el desarrollo sustentable.

Un relleno sanitario (Figura 1) es una instalación diseñada y operada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública. La planificación, el diseño y la operación de rellenos sanitarios implica una tarea multidisciplinaria y de aplicación de principios científicos, ingenieriles y económicos. Trataresiduos S.A. utiliza el método de celdas en el Complejo Ambiental Norte III. Una celda consiste en una unidad de diseño recubierta de membranas aislantes donde se depositan y compactan los RSU que se cubrirán diariamente. Las celdas, a su vez, conforman los módulos que son grandes espacios circundados perimetralmente por un terraplén de cerramiento y circulación, por donde transitan los vehículos recolectores antes y después de la descarga de los residuos. Desde el punto de vista constructivo, el módulo conforma un recinto estanco que impide la migración de líquidos lixiviados hacia el exterior o se filtren hacia el acuífero. Es importante el tratamiento de los lixiviados para la eliminación del potencial de contaminación de acuíferos subterráneos. Este tratamiento consiste en distintos procesos biológicos, químicos y físicos. Además, se realiza el tratamiento de gases para su aprovechamiento en la generación de energía eléctrica y reducir la emisión de gases dañinos a la atmósfera. Los gases principalmente se componen de metano y dióxido de carbono, permitiendo producir energía a partir del metano y reducir el impacto de estos gases sobre el cambio climático.



Figura 1:Relleno sanitario.

Para la operación del relleno sanitario se utilizan vehículos y máquinas de gran porte, algunos de ellos son: topadoras, compactadores, motoniveladoras, excavadoras, palas cargadoras, retroexcavadoras cargadoras. Estas maquinarias trabajan en condiciones poco favorables ya que la mayoría deben estar operando entre los diferentes residuos que llegan al relleno, albergando y atascándose en ellas todo tipo de materiales entre sus partes mecánicas. Por este motivo es importante su mantenimiento y reparación para un correcto funcionamiento del relleno sanitario. El primer paso para lograrlo es una limpieza completa de los vehículos.

### **3. Descripción de la empresa**

Trataresiduos S.A. es una compañía dedicada a la recepción, tratamiento y disposición final de RSU. Sus operaciones se ejecutan en el Complejo Ambiental Norte III (CANIII), en donde se disponen en promedio 420.000 toneladas mensuales de RSU provenientes del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). En la figura 2 se presenta un esquema del CANIII.



Figura 2: Complejo Ambiental Norte III. Fuente: [www.ceamse.gov.ar](http://www.ceamse.gov.ar)

**3.1. Proceso general de disposición final de residuos**

La operación del CANIII incluye una variedad de procesos que serán descritos detalladamente en esta sección.

**3.1.1. Procedimiento operativo de celdas de disposición**

**3.1.1.1. Metodología constructiva de celdas de disposición**

Para la construcción de las celdas de disposición, se efectúa un avance secuenciado por sectores. Estos sectores, denominados fases del proyecto, están delimitados con bermas impermeabilizadas con membrana de PEAD de 2.000 micrones. Las bermas permiten separar el agua de lluvia del frente de residuos. El manejo de los líquidos se diseña teniendo en cuenta la máxima reducción del contacto de las aguas de lluvia con los residuos dispuestos, así como para evitar su mezcla con los líquidos lixiviados que se generen.

**3.1.1.2. Procedimiento de llenado de celdas**

Cada celda posee una superficie aproximada de entre 8.000 m<sup>2</sup> y 10.000 m<sup>2</sup> y una altura promedio de 10 m. Su llenado se realiza en dos frentes separados, bien diferenciados; uno



destinado a los RSU provenientes de la CABA y otro a los municipios de la Provincia de Buenos Aires de manera de evitar demoras. La carga inicia desde los extremos hacia el centro, es decir, a contrapendiente de fondo de celda. De esta forma se garantiza la mínima generación de lixiviados y su rápida evacuación hacia su tratamiento. Para evacuar el agua pluvial durante el llenado se colocan bermas provisionarias de contención y bombas de gran capacidad en los extremos más bajos. Este modo de operación y las dimensiones de las celdas permiten una vida útil de 15 días por celda, tiempo suficiente para desarrollar las obras de infraestructura necesarias para el avance propio del relleno.

### 3.1.1.3. Distribución y compactación de los residuos

La distribución y compactación de los residuos comienza inmediatamente después que los vehículos de transporte completan la descarga. Las topadoras sobre orugas distribuyen los RSU dentro de la celda en capas de aproximadamente 60 cm lo más horizontalmente posible. La compactación se ejecuta de forma simultánea con la distribución de los residuos mediante equipos compactadores, los cuales proceden al desgarramiento, desmenuzamiento y compactación de los residuos y envases que los contienen, topando los residuos desde la zona de descarga hacia el interior del módulo. Como mínimo, se realizan tres pasadas de compactador sobre cada capa de 60 cm para obtener una densidad húmeda inmediata de los RSU de aproximadamente 0,8 t/m<sup>3</sup> (de origen, poseen una densidad de 0,5 t/m<sup>3</sup>). Es muy importante cuidar la homogeneidad en la compactación de los residuos, esto es, que el operador de los compactadores, pase la por todos los lugares igual cantidad de veces. Una vez terminado el proceso de compactación de los residuos, se aplica una capa de 20 cm de tierra con el fin de evitar la generación de olores, la atracción de animales y la dispersión de la basura.

Es importante destacar que, al llegar a la cota de proyecto, se debe duplicar el número de pasadas para obtener un buen asiento para el tránsito de los equipos encargados de realizar la cobertura final. Esto permite optimizar el uso del suelo de cobertura, minimiza los asentamientos diferenciales y la generación de líquido lixiviado durante la operación. Los equipos a utilizar para estas tareas son topadoras sobre orugas y compactadores de residuos con ruedas de acero tipo pata de cabra.

### 3.1.1.4. Circulación dentro del predio

La totalidad de los caminos interiores cuentan con señalización vertical a efectos de indicar el sentido de circulación, el área de descarga, la velocidad máxima a la que se puede conducir dentro del centro, demarcar las distintas áreas del relleno y otras indicaciones necesarias para la correcta organización del tránsito vehicular. A los efectos de minimizar la superficie expuesta con residuos y, por ende, la generación de vectores y olores, la recepción y descarga se realiza a través de la playa de descarga, relleno de las celdas hasta alcanzar la cota de proyecto estipulada. Las celdas tendrán la capacidad necesaria para absorber los picos horarios de ingreso de vehículos. El diseño de los caminos de circulación y de las playas de descarga asegura la circulación y la operación bajo cualquier condición climática.

### 3.1.2. *Colección y transporte de lixiviados*

El lixiviado es el resultado de dos procesos: la infiltración del agua de lluvia a través del módulo y la descomposición de los RSU depositados en el sitio de disposición final. El sistema de colección y manejo de lixiviados intercepta el líquido percolado a través de la masa de RSU y lo dirige a los sumideros en donde es bombeado para su tratamiento. El sistema de colección y transporte de líquidos es complejo, por lo que necesita diferentes componentes detallados a continuación.

#### 3.1.2.1. Sistema de filtración de efluentes líquidos

El sistema filtrante está compuesto por una faja de 1,50 m de malla drenante (malla tridimensional) ubicada en contacto con la membrana de impermeabilización del fondo de celda sobre la cual apoyan los caños perforados, piedra que rodea las tuberías y geotextil no tejido que envuelve la piedra. Tanto la piedra como la malla drenante tienen la función de facilitar el drenaje de lixiviado hacia las tuberías ranuradas y el geotextil no tejido tiene el propósito de evitar que las partículas finas del suelo de protección de membrana en el fondo de celda obturen el sistema de drenaje (Figura 3).



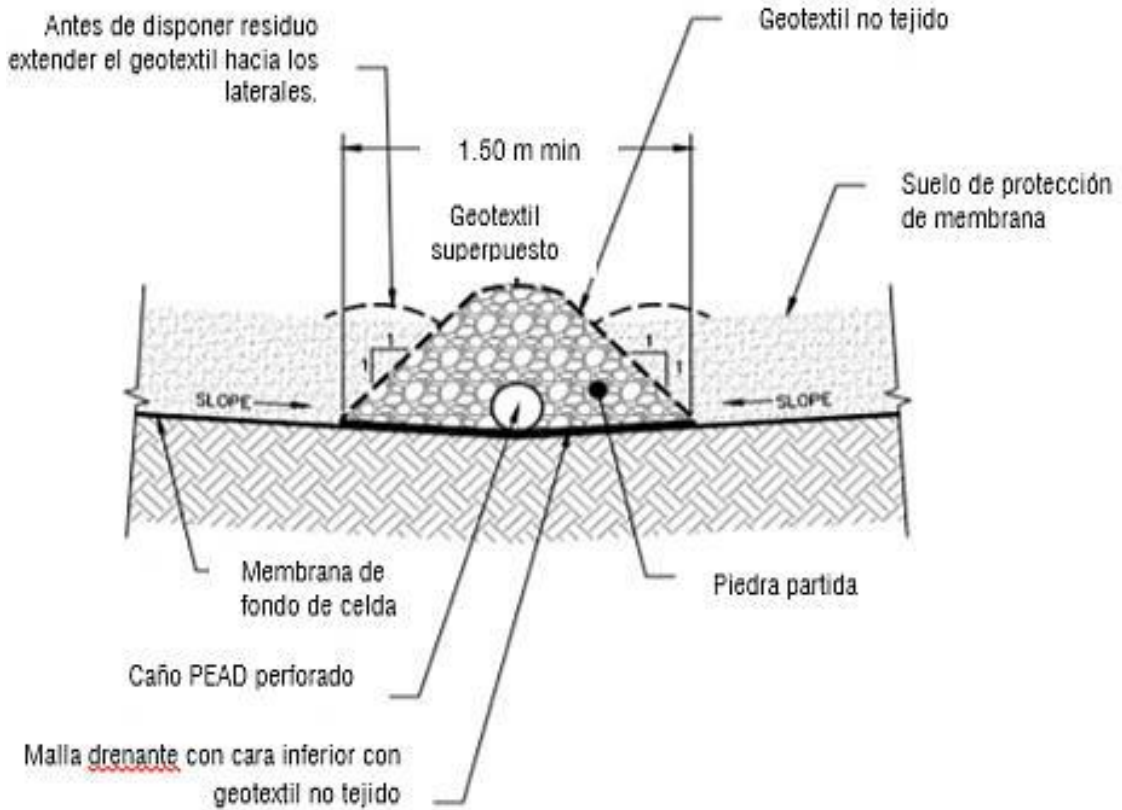


Figura 3: detalle del sistema filtrante. Fuente: [www.ceamse.gov.ar](http://www.ceamse.gov.ar)

### 3.1.2.2. Cañería de colección

La cañería principal cuenta con un diámetro igual a 250 mm mientras que las que acoplan a ésta son de 200 mm. Estos tubos pueden ser de PEAD o de PVC.

### 3.1.2.3. Sumideros y bombas

Cada una de las cañerías principales que recolecta el lixiviado descargan por gravedad en un sumidero. El sumidero tiene el mismo tratamiento que las cañerías, es decir, que no sólo está en contacto con la membrana de impermeabilización, sino que también debe contar con la malla drenante, piedra y estar envuelto en geotextil, ya que también se considera que puede captar lixiviado de la masa de residuos. Además, deberá permanecer protegido por el geotextil hasta que se comience a disponer residuo en el sector.

El lixiviado se extrae de los sumideros mediante una bomba sumergible que se localiza dentro de un caño perforado de 630 mm. La bomba cumple la función de enviar el lixiviado hacia una pileta de ecualización mediante una manguera de diámetro mínimo igual a 50 mm, la cual se conecta a una cañería.

### *3.1.3. Almacenamiento y tratamiento de lixiviados*

El líquido lixiviado extraído del módulo es almacenado en una pileta de ecualización dividida en tres sectores de 17.000 m<sup>3</sup>. Su objetivo es ecualizar el líquido antes de su ingreso a la planta de tratamiento y tomar los picos que se produzcan durante los eventos de la estación húmeda. Las divisiones permiten respetar el tiempo de retención hidráulica para la ecualización del líquido y continuar con el funcionamiento en caso de reparación de cualquiera de los sectores.

### *3.1.4. Cierre y Post Cierre*

La disposición final de RSU aplicando la técnica del Relleno Sanitario requiere, a partir del momento en que cesa el ingreso de residuos, de una serie de trabajos, divididos en dos etapas denominadas de cierre y de post-cierre.

#### *3.1.4.1. Etapas de cierre*

Se entiende por cierre, al período comprendido entre la última descarga de residuos que se realiza al completarse la capacidad del módulo, hasta que finalice la ejecución de los trabajos referidos al relleno, obras complementarias e instalaciones. Las actividades a desarrollar en este período comprenden la distribución y la compactación de los RSU en la celda en operación hasta el momento del cierre, la cobertura final de la totalidad de los sectores que se encuentren con RSU expuestos, la siembra de especies vegetales para la conformación del manto vegetal, la finalización de la construcción de la red de escurrimiento del agua de lluvia, en las últimas celdas rellenas, la limpieza de toda la obra, la reparación de la trama vial en aquellos lugares que así lo requieran, el reacondicionamiento de las instalaciones que permanecerán siendo utilizadas y el desmantelamiento de aquellas que deban ser desactivadas.

A pesar de que la etapa de cierre implica el cese de la disposición final, deben mantenerse actividades de monitoreo. Durante esta etapa continua con un plan de control ambiental para aguas subterráneas y superficiales (operación y mantenimiento de la red de monitoreo), el monitoreo de gases, las tareas para la extracción y tratamiento de gases, el plan de manejo de líquido lixiviado (extracción, transporte, mantenimiento y limpieza periódica del nuevo sistema de colección, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento), el mantenimiento de los módulos rellenos, drenajes y caminos, así como con los trabajos de reforestación y parquización.

#### 3.1.4.2. Etapa de post-cierre

El período de post clausura correspondiente a un año, comprende desde el momento en que se dan por finalizadas las tareas del cierre, hasta que se verifique el abatimiento del proceso de fermentación. Las tareas a desarrollar son las mismas que en la etapa de cierre. A estas se suman:

Mantenimiento de la cobertura final: la cobertura final debe asegurar en todo momento el confinamiento de los RSU, soportando a su vez el crecimiento de la vegetación. Esta cubierta puede erosionarse debido al escurrimiento del agua de lluvia, agrietarse como consecuencia de las variaciones climáticas o descender en algunos sectores en forma puntual, formándose asentamientos diferenciales. La solución para las situaciones indicadas consiste en el aporte de suelo, el que se distribuirá, compactará y perfilará con el equipo adecuado, hasta alcanzar la continuidad de la pendiente del sector.

Corrección de eventuales pérdidas puntuales: el líquido lixiviado en la superficie del módulo puede generar eventuales pérdidas en periodos de elevadas precipitaciones, por lo que es necesario realizar su reparación extrayéndose el suelo afectado del área lateral del módulo, aportando en su lugar suelo, que deberá ser distribuido, compactado y perfilado.

Mantenimiento de los taludes: con el fin de mantener la estanqueidad del recinto, evitar horadaciones, grietas o deslizamientos, es necesario el control de las superficies de los taludes externos de los módulos. En caso de existir tales

deficiencias deben ser reparadas en forma inmediata con el agregado de suelo, que será distribuido, compactado y perfilado.

Corte de pasto y resiembra: a efectos de mantener el módulo con una parquización adecuada, es necesario el corte periódico de pasto. Esta actividad se deberá llevar a cabo por lo menos una vez cada 30 días, incluyendo los taludes externos de los terraplenes perimetrales. Además, comprende el desmalezamiento sobre los pozos de monitoreo y su entorno, para facilitar los trabajos de muestreo. Otro aspecto a tener en cuenta es la siembra de pasto que se efectuará en todos aquellos sectores que por distintos motivos se encuentren raleadas de vegetación.

Mantenimiento de la red de drenaje: la red de drenaje está formada por las terrazas, descargas rápidas, canales perimetrales, piletas de retardo, alcantarillas y canales exteriores, que posibilitan el desagote del agua de lluvia hacia el exterior de manera controlada. En forma periódica se realizan controles para detectar el estado de la misma, reparando en caso que ocurra el desmoronamiento de las paredes de los canales, rellenando y reconfirmando tramos que hayan sufrido asentamientos puntuales, eliminando las posibles obstrucciones en los caños de cruce o quitando los elementos que puedan perturbar el normal escurrimiento, entre otras cosas.

Mantenimiento de la trama vial: los trabajos a realizar consisten en eliminar los baches que se produzcan y corregir el gálibo de los caminos, manteniendo las cotas de coronamiento, aportándole los materiales necesarios, que permitan conservar el tránsito normal. Estos trabajos incluyen el mantenimiento de los ingresos a los pozos de monitoreo.

Tareas varias: comprende la limpieza del predio, el mantenimiento de la cartelería, portones de ingreso-egreso e instalaciones de pesaje.

La figura 4 sintetiza el proceso que comienza con el ingreso de los camiones que recolectan los RSU proveniente de los hogares, barrido y limpieza de calles y actividades comerciales e industriales del AMBA. En primer lugar los camiones son pesados en balanzas en la entrada del Complejo Ambiental para el control de la cantidad de basura que ingresa al

predio. Luego de ser pesados, los camiones dirigen a los módulos operativos en condiciones de recibir residuos. En ellos se encuentran las playas de descarga, que son áreas consolidadas con materiales áridos donde los camiones y trailers descargan los RSU. Para llegar a la playa de descarga, el vehículo debe transitar por caminos temporales, los que son tapados con material de cobertura (áridos más arcilla) a medida que los módulos son completados. Al llegar los camiones recolectores descargan los RSU, para que después sean distribuidos uniformemente y compactados por topadores y compactadores formando capas de 60 cm de espesor. Una vez que los módulos están completos, se aplica la cobertura superior o final a los efectos de minimizar los riesgos de incendio, los olores, el transporte de los residuos por acción del viento, la proliferación de moscas y roedores, mantener un control sobre la migración de gases, la erosión, la filtración del agua de lluvia y la generación de lixiviados, además de crear un ambiente reductor que favorezca la descomposición anaeróbica de los residuos. En esta operación intervienen retroexcavadoras, motoniveladoras, retropalas y camiones para el transporte de material de cobertura. En paralelo a este proceso, se preparan nuevos módulos para, una vez completados y cerrados los módulos operativos, tener disponible espacio para dar continuidad a la descarga. Para ello se utilizan retroexcavadoras, retropalas, motoniveladoras y topadores.

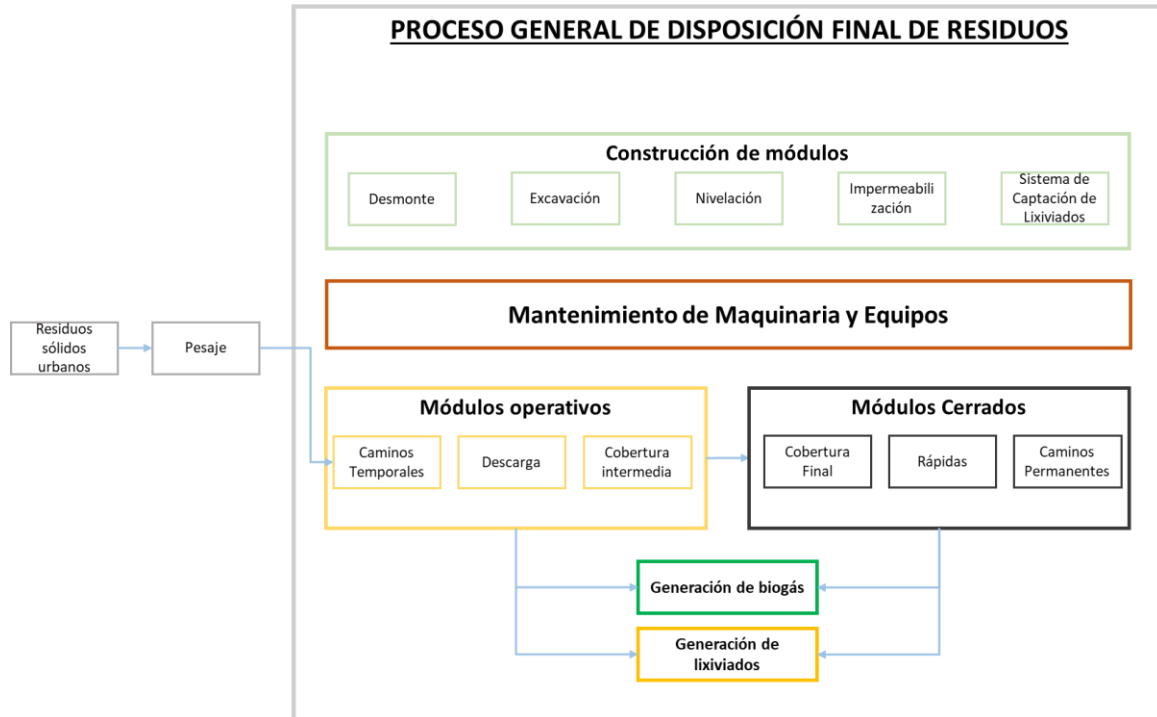


Figura 4: flujograma del proceso de recepción, tratamiento y disposición de RSU.

## **4. Marco legal**

La legislación es un conjunto de normas que regulan las actividades y relaciones dentro de la sociedad. Los aspectos legales vinculados con la operación del lavadero propuesto dentro de Trataresiduos S.A. se basan principalmente en la disposición, tratamiento y gestión de los residuos que se desprenden de las maquinarias durante su proceso de lavado. Esto abarca desde RSU hasta el agua utilizada para dicha actividad, con el fin de reducir el impacto ambiental y fomentar un desarrollo sostenible. Si bien la regulación de las actividades está dada por leyes nacionales y municipales, estas están influenciadas por distintos acuerdos internacionales.

### **4.1. Acuerdos internacionales**

Los acuerdos internacionales son un trasfondo importante en la legislación nacional. Algunos de estos documentos influyeron en la formación de varias de las leyes argentinas. A continuación, se abordarán los documentos más importantes a nivel internacional en materia de defensa ambiental.

Los primeros esfuerzos internacionales en favor de la conservación ambiental se dieron a partir de la década de 1970. Uno de ellos fue la Declaración de Estocolmo, en 1972, en el marco de la primera conferencia sobre el medio ambiente humano convocada por las Naciones Unidas, que establecía el derecho fundamental de todo ser humano a la libertad, la igualdad, una vida digna y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un ambiente de calidad y la obligación de proteger y mejorar el ambiente para las generaciones presentes y futuras.

Dicho documento sirvió para definir el concepto de Desarrollo Sostenible, una forma de progreso económico y social sin dañar el ambiente. Para esto se estableció la necesidad de planificar el desarrollo económico respetando el ambiente y los recursos naturales, como el aire, el agua, la tierra, la flora, la fauna y los ecosistemas naturales. Haciendo un uso adecuado de los recursos renovables y especialmente de los recursos naturales no renovables, con el fin de evitar su agotamiento. Además, poniendo fin a la descarga de sustancias tóxicas en cantidades o concentraciones tales que el medio ambiente no puede neutralizarlas, para evitar daños graves o irreparables a los ecosistemas.

El 28 de octubre de 1982, fue aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas, la Carta Mundial de la Naturaleza. Este documento establece, la obligación de los Estados a desarrollar una explotación racional de los recursos naturales y la creación de planes, a largo plazo, que ayuden a impulsar el desarrollo económico, controlen el crecimiento de la población y mejoren la calidad de vida, con el fin de garantizar la conservación de los recursos naturales para las generaciones futuras.

En 1985, se estableció el Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Este convenio buscaba proteger la salud humana y el ambiente contra los efectos dañinos resultantes de las actividades humanas que modifiquen o puedan modificar la capa de ozono, mediante el control de los contaminantes ambientales a través de observaciones científicas, investigaciones e intercambios de información. Con el objetivo de comprender y evaluar mejor los efectos de la actividad humana sobre la capa de ozono.

Otro documento importante es el Convenio de Basilea, realizado el 22 de marzo de 1989. En el cual se proponían métodos para reducir la generación de desechos, considerando los aspectos sociales, tecnológicos y económicos, brindando protección particular a los países en desarrollo. Además, buscaba el establecimiento de instalaciones para la eliminación de los desechos peligrosos y proteger a las personas que participan en su manejo.

En 1992, se realizó la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente en Irlanda, donde se redactaron la Declaración de Dublín y el informe de dicha conferencia. En estos, se recomendaba un uso de las aguas basado en participación social, la disposición eficaz de los recursos hídricos y el establecimiento del agua como un bien económico. En ese mismo año, en Brasil, se redactó la Declaración de Río sobre el Ambiente y el Desarrollo, donde sus principios establecen al ser humano como centro de las preocupaciones relacionadas al desarrollo sostenible, teniendo derecho a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza. Además, se definieron las obligaciones de los Estados, para lograr el progreso y bienestar de la humanidad y la conservación y aplicación de un desarrollo sostenible en todos los tipos de bosques.

En 1997, en la cumbre de Kioto, se decretó el Protocolo de Kioto, cuyo objetivo es hacer frente al cambio climático global, minimizando su impacto, estableciendo objetivos



obligatorios de limitación y reducción de gases de efecto invernadero. Esto comprometió a 37 países y la Unión Europea a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos. El Protocolo de Kioto es considerado el primer paso hacia un esquema de reducción y estabilización de las emisiones a nivel mundial, proporcionó la base para cualquier acuerdo internacional sobre el cambio climático que se firmara en el futuro.

En septiembre de 2002, se realizó en Johannesburgo, Sudáfrica, la cumbre mundial sobre el desarrollo sostenible. Su objetivo fue hacer un balance de los cambios globales ocurridos desde la anterior cumbre realizada en 1992. Los cuatro puntos más importantes tratados en esta cumbre fueron:

- Dimensiones sociales y económicas en desarrollo
- Conservación y administración de recursos naturales
- Rol de fortalecimiento de grandes grupos humanos
- Medios de implementación

El fin de estos puntos tratados era encontrar técnicas que comprometan a la población a cuidar su ambiente.

En diciembre de 2009 se realizó la cumbre de Copenhague, cuya meta era fijar los objetivos que reemplazaran a los establecidos en el Protocolo de Kioto a través de un acuerdo jurídicamente vinculante que fuera válido a nivel mundial y aplicable a partir de 2012. Se estableció como objetivo la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero entre un 25% y un 40% respecto a los niveles de 1990 en el año 2020. Además se estableció la definición de mecanismos de apoyo financiero para países en vías de desarrollo y el diseño de un nuevo esquema de comercio encaminado a evitar la deforestación. Sin embargo no se logró alcanzar un acuerdo de carácter jurídicamente vinculante.

## **4.2. Legislación nacional**

### **4.2.1. Ley general del ambiente (25.675)**

Esta ley establece los presupuestos mínimos para una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable, a través del cumplimiento de los siguientes objetivos que enuncia la ley:

- a) *“Asegurar la preservación, conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de los recursos ambientales, tanto naturales como culturales, en la realización de las diferentes actividades antrópicas;*
- b) *Promover el mejoramiento de la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras, en forma prioritaria;*
- c) *Fomentar la participación social en los procesos de toma de decisión;*
- d) *Promover el uso racional y sustentable de los recursos naturales;*
- e) *Mantener el equilibrio y dinámica de los sistemas ecológicos;*
- f) *Asegurar la conservación de la diversidad biológica;*
- g) *Prevenir los efectos nocivos o peligrosos que las actividades antrópicas generan sobre el ambiente para posibilitar la sustentabilidad ecológica, económica y social del desarrollo;*
- h) *Promover cambios en los valores y conductas sociales que posibiliten el desarrollo sustentable, a través de una educación ambiental, tanto en el sistema formal como en el no formal;*
- i) *Organizar e integrar la información ambiental y asegurar el libre acceso de la población a la misma;*
- j) *Establecer un sistema federal de coordinación interjurisdiccional, para la implementación de políticas ambientales de escala nacional y regional;*
- k) *Establecer procedimientos y mecanismos adecuados para la minimización de riesgos ambientales, para la prevención y mitigación de emergencias ambientales y para la recomposición de los daños causados por la contaminación ambiental.”* (Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002).

Según el texto de la normativa la interpretación y aplicación de la presente ley, y de toda otra norma a través de la cual se ejecute la política ambiental, están sujetas al cumplimiento de los siguientes principios:

*Principio de congruencia: La legislación provincial y municipal referida a lo ambiental deberá ser adecuada a los principios y normas fijadas en la presente ley; en caso de que así no fuere, éste prevalecerá sobre toda otra norma que se le oponga.*

*Principio de prevención: Las causas y las fuentes de los problemas ambientales se atenderán en forma prioritaria e integrada, tratando de prevenir los efectos negativos que sobre el ambiente se pueden producir.*

*Principio precautorio: Cuando haya peligro de daño grave o irreversible la ausencia de información o certeza científica no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces, en función de los costos, para impedir la degradación del medio ambiente.*

*Principio de equidad intergeneracional: Los responsables de la protección ambiental deberán velar por el uso y goce apropiado del ambiente por parte de las generaciones presentes y futuras.*

*Principio de progresividad: Los objetivos ambientales deberán ser logrados en forma gradual, a través de metas interinas y finales, proyectadas en un cronograma temporal que facilite la adecuación correspondiente a las actividades relacionadas con esos objetivos.*

*Principio de responsabilidad: El generador de efectos degradantes del ambiente, actuales o futuros, es responsable de los costos de las acciones preventivas y correctivas de recomposición, sin perjuicio de la vigencia de los sistemas de responsabilidad ambiental que correspondan.*

*Principio de subsidiariedad: El Estado nacional, a través de las distintas instancias de la administración pública, tiene la obligación de colaborar y, de ser necesario, participar en forma complementaria en el accionar de los particulares en la preservación y protección ambientales.*

*Principio de sustentabilidad: El desarrollo económico y social y el aprovechamiento de los recursos naturales deberán realizarse a través de una gestión apropiada del ambiente, de manera tal, que no comprometa las posibilidades de las generaciones presentes y futuras.*

*Principio de solidaridad: La Nación y los Estados provinciales serán responsables de la prevención y mitigación de los efectos ambientales transfronterizos adversos de su propio*

*accionar, así como de la minimización de los riesgos ambientales sobre los sistemas ecológicos compartidos.*

*Principio de cooperación: Los recursos naturales y los sistemas ecológicos compartidos serán utilizados en forma equitativa y racional, El tratamiento y mitigación de las emergencias ambientales de efectos transfronterizos serán desarrollados en forma conjunta”.* (Honorable Congreso de la Nación Argentina, 2002).

#### 4.2.2. Ley de gestión de residuos domiciliarios (25.916)

Esta ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de los residuos domiciliarios y tiene como objetivos:

- a) *Lograr un adecuado y racional manejo de los residuos domiciliarios mediante su gestión integral, a fin de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población;*
- b) *Promover la valorización de los residuos domiciliarios, a través de la implementación de métodos y procesos adecuados;*
- c) *Minimizar los impactos negativos que estos residuos puedan producir sobre el ambiente;*
- d) *Lograr la minimización de los residuos con destino a disposición final.*

#### 4.2.3. Resolución Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable 410/18

La Resolución MADS 410/18 que aprueba la norma técnica para el manejo sustentable de barros y biosólidos generados en plantas depuradoras de efluentes líquidos cloacales y mixtos cloacales-industriales.

Dicha resolución establece las formas de uso, disposición y eliminación de los barros y biosólidos cloacales.

Formas de uso:

- Forestación y floricultura
- Recuperación de sitios degradados
- Restauración del paisaje
- Elaboración de abonos o enmiendas
- Cierre de rellenos sanitarios

- Paisajismo

Disposición:

- Cobertura de rellenos sanitarios
- Relleno sanitario en celdas separadas
- Incorporación a relleno sanitario
- Tratamiento biológico en suelo (Landfarming)

Eliminación:

- Incineración

Esta resolución se trata de una norma de adhesión, siendo solamente obligatoria en caso de que una provincia suscriba a ella como obligatoria dentro de su jurisdicción. Por el momento, la provincia de Buenos Aires no ha adherido, por lo que las actividades de Trataresiduos S.A. no están afectadas. Sin embargo, se considera importante tener en cuenta estos requisitos legales dado que es posible que la jurisdicción provincial adhiera a la resolución.

#### **4.3. Legislación Provincia de Buenos Aires**

##### *4.3.1. Ley 13.592: Gestión integral de residuos sólidos urbanos*

Su objetivo es fijar los procedimientos de gestión de los residuos sólidos urbanos de acuerdo a lo establecido en la ley nacional 25916 mencionada anteriormente. Tiene como objetivos:

- 1) Incorporar paulatinamente en la disposición inicial la separación en origen, la valorización, la reutilización y el reciclaje en la gestión integral por parte de todos los Municipios de la Provincia de Buenos Aires.*
- 2) Minimizar la generación de residuos, de acuerdo con las metas que se establezcan en la presente Ley y en su reglamentación.*
- 3) Diseñar e instrumentar campañas de educación ambiental y divulgación a fin de sensibilizar a la población respecto de las conductas positivas para el ambiente y*

*las posibles soluciones para los residuos sólidos urbanos, garantizando una amplia y efectiva participación social que finalmente será obligatoria.*

- 4) *Incorporar tecnologías y procesos ambientalmente aptos y adecuados a la realidad local y regional.*

Además, se funda en los siguientes principios:

- 1) *Los principios de precaución, prevención, monitoreo y control ambiental.*
- 2) *Los principios de responsabilidad compartida que implican solidaridad, cooperación, congruencia y progresividad.*
- 3) *La consideración de los residuos como un recurso.*
- 4) *La incorporación del principio “de Responsabilidad del Causante”, por el cual toda persona física o jurídica que produce detenta o gestiona un residuo, está obligada a asegurar o hacer asegurar su eliminación conforme a las disposiciones vigentes.*
- 5) *La minimización de la generación, así como la reducción del volumen y la cantidad total, y por habitante de los residuos que se producen o disponen, estableciendo metas progresivas, a las que deberán ajustarse los sujetos obligados.*
- 6) *La valorización de los residuos sólidos urbanos, entendiéndose por “valorización” a los métodos y procesos de reutilización y reciclaje en sus formas químicas, física, biológica, mecánica y energética.*
- 7) *La promoción de políticas de protección y conservación del ambiente para cada una de las etapas que integran la gestión de residuos, con el fin de reducir o disminuir los posibles impactos negativos.*
- 8) *La promoción del desarrollo sustentable mediante la protección del ambiente, la preservación de los recursos naturales provinciales de los impactos negativos de las actividades antrópicas y el ahorro y conservación de la energía, debiendo considerarse los aspectos físicos, ecológicos, biológicos, legales, institucionales, sociales, culturales y económicos que modifican el ambiente.*

- 9) *La compensación a las Jurisdicciones receptoras de Polos Ambientales Provinciales (PAP) será fijada con expresa participación del Ejecutivo Municipal. Los Municipios no podrán establecer gravámenes especiales a dicha actividad.*
- 10) *El aprovechamiento económico de los residuos, tendiendo a la generación de empleo en condiciones óptimas de salubridad como objetivo relevante, atendiendo especialmente la situación de los trabajadores informales de la basura.*
- 11) *La participación social en todas las formas posibles y en todas las fases de la gestión integral de residuos sólidos urbanos.*
- 12) *La recolección y tratamiento de residuos es un servicio de carácter esencial para la comunidad, en garantía de la salubridad y la preservación del ambiente.*

#### 4.3.2. Ley 11.720: Residuos especiales.

Esta ley establece la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires. Su objetivo es reducir la cantidad de residuos especiales generados, minimizar los potenciales riesgos del tratamiento, transporte y disposición de los mismos y promover la utilización de las tecnologías más adecuadas, desde el punto de vista ambiental. A su vez, define diferentes actividades catalogadas como generadoras de residuos especiales.

La normativa establece que “*la Autoridad de Aplicación llevará y mantendrá actualizado un Registro Provincial, en el que deberán inscribirse todas las personas físicas o jurídicas responsables de la generación, transporte, tratamiento, almacenamiento y disposición final de residuos especiales*”. (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1995).

Debido a esta normativa, Trataresiduos S.A. ya se encuentra inscrita como generadora de residuos especiales ya que se encuentra alcanzada en el artículo 36:

“*Deberán considerarse: ...c) Plantas de disposición final, los lugares especialmente acondicionados para el depósito permanente de residuos especiales en condiciones exigibles de seguridad ambiental*”. (Senado y Cámara de Diputados de la Provincia de Buenos Aires, 1995).

*4.3.3. Resolución OPDS 133/11: Lavado de transporte de sustancias y/o residuos especiales. Operadores*

Considerando que resulta necesario asegurar la adecuada limpieza del camión, tanque o contenedor utilizado para el transporte de sustancias o residuos especiales, a fin de evitar la mezcla de sustancias incompatibles, lo que implicaría un riesgo ambiental, esta resolución establece que los establecimientos en los cuales se laven unidades de transporte de sustancias o residuos especiales son considerados como operadores de residuos especiales. Por lo tanto, el líquido utilizado para el lavado deberá tener un circuito cerrado y ser almacenado en tanques hasta ser enviado al operador para su tratamiento.

*4.3.4. Resolución SPA 344/98: Residuos especiales*

Establece que deben presentarse ante el Organismo Provincial de Desarrollo Sustentable a fin de promover su inscripción en el Registro Provincial de Generadores de Residuos Especiales, con los requerimientos fijados por el Dec. 806/97, los responsables de los establecimientos industriales y no industriales que realicen actividades de lavado de vehículos, entre otras actividades.

Es por esto que resulta necesaria la inscripción de Trataresiduos S.A. en el Registro Provincial de Generadores de Residuos Especiales en la actividad de lavado de vehículos.



## **5. Estudio de mercado**

### **5.1. Análisis estratégico**

Por tratarse de un proyecto interno de la empresa, la cual no posee competidores en el mercado, no es necesaria la realización de un estudio estratégico del mercado para llevar a cabo este proyecto.

### **5.2. Análisis de la demanda de lavados**

#### **5.2.1. Dotación de máquinas de gran porte**

Para el mantenimiento de los módulos de descarga, creación de nuevos y su cierre es importante mantener los equipos de gran porte en óptimas condiciones. De esta forma se asegura la máxima disponibilidad posible. Esto implica una ardua e importante tarea para el equipo de mantenimiento de Trataresiduos S.A.

El equipamiento de gran porte del relleno cumple tres funciones distintas:

1. Compactación y manejo de residuos: esta función consiste en la disposición y reducción del espacio ocupado por los residuos. Es llevada a cabo principalmente por los tractores de cadenas, cargadores de cadenas y compactadores de rellenos con ruedas de acero.
2. Manejo de material de cobertura: suministrar y colocar el material que cubre parcial y totalmente los módulos. La selección de las máquinas de suministro de material se basa en las consideraciones normales de movimiento de tierra, tales como características del material, distancia a los puntos de donde se carga, volumen que hay que transportar y otros principios básicos de movimiento de tierra, es decir, maximizar el movimiento de tierra en la menor cantidad de tiempo, al menor costo por metro.
3. Equipo de apoyo: son todos aquellos equipos disponibles para diversas y variadas tareas en general. Está comprendido por motoniveladoras, retroexcavadoras cargadoras, excavadoras hidráulicas, camiones de agua, compresores de aire, vehículos de servicio, bombas de agua, generadores y cualquier otro equipo que resulte necesario.

Para cubrir sus necesidades operacionales en el CANIID, la organización dispone de los siguientes equipos:

#### 5.2.1.1. Topadores

Trataresiduos S.A cuenta con 29 topadores (Figura 5). Estos son utilizados para distribuir los RSU a lo largo del módulo de descarga. Los modelos de los equipos utilizados corresponden a los modelos del fabricante Caterpillar D6, D7 y D8. Estos topadores son clasificados por el fabricante como tractores de cadenas, dado su tipo de sistema de traslación.

Se trata de la máquina más utilizada en el relleno sanitario debido a su gran versatilidad para cumplir diversas tareas en cualquier condición climática. Entre sus funciones se encuentran esparcir y compactar la basura y el material de cobertura, además de preparar el sitio, desgarrar material de cobertura, construir y despejar caminos para las otras máquinas y camiones, tumbar árboles, sacar piedras, etc. Este equipo puede alcanzar densidades de compactación de 475 a 590 kg/m<sup>3</sup>. Se logra la máxima compactación cuando se trabaja en una pendiente de 3:1, lo que permite que las garras de las cadenas del tractor se desgarran y rompan mientras empujan y compactan los residuos cuesta arriba. El límite económico de movimiento de material de cobertura o de residuos para un tractor de cadenas es de menos de 90 m.



Figura 5: Topador. Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

### 5.2.1.2. Compactadores

Estos equipos se utilizan para esparcir y compactar grandes volúmenes de RSU una vez que los topadores los distribuyen a lo largo del módulo de descarga. Los compactadores (Figura 6) ofrecen mayores velocidades de operación que las máquinas de cadenas y poseen un peso en orden de trabajo superior a los 20.410 kg, por lo que logran los mayores niveles finales de compactación, de 710 kg/m<sup>3</sup> a 950 kg/m<sup>3</sup>. Normalmente, operan en pendientes no mayores de 4:1 debido a consideraciones de menor compactación y de seguridad de trabajo. Debido a la labor constante de compactación, estos equipos quedan con residuos atrapados entre su pala y sus ruedas, por lo que es necesario una buena limpieza antes de cualquier tarea de mantenimiento y/o reparación.



Figura 6: Compactador. Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

### 5.2.1.3. Motoniveladora

Este vehículo se utiliza principalmente para dejar la superficie de los caminos utilizados en el predio transitable para el resto de los vehículos, manteniendo sus superficies suaves y uniformes. También se utiliza en la finalización de las celdas una vez que estas se cierran, dejando una terminación prolija. Para lograrlo, la motoniveladora debe trabajar sobre un suelo

sólido, por eso es muy importante las tareas de compactación del relleno. La nivelación de acabado es la aplicación de motoniveladora (Figura 7) que requiere el mayor grado de precisión. Por lo tanto, se realiza a bajas velocidades, normalmente menos de 5 km/h, en primera o segunda marcha. Para asegurar que se obtiene una superficie lisa y con acabado uniforme, se mantiene generalmente la misma velocidad en una pasada. La longitud de la pasada en estas aplicaciones se suele mantener por debajo de 600 m.

El tipo de material que debe moverse durante el mantenimiento de los caminos varía ampliamente dependiendo de la aplicación. Normalmente, la hoja se llena hasta un tercio o hasta la mitad de su capacidad. En algunos caminos de material blando por los que circulan camiones y equipos de gran tamaño pueden necesitar cargas pesadas con la hoja para poder conformar la superficie del camino. La longitud de las pasadas también varía según la aplicación, pero puede llegar hasta varios kilómetros. La velocidad en estos trabajos de mantenimiento de caminos depende mucho del material que se está moviendo y de la pendiente del camino. En general, el mantenimiento de los caminos de tránsito se realiza a velocidades de 5 km/h a 16 km/h.



Figura 7: Motoniveladora. Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com).

#### 5.2.1.4. Palas cargadoras

Las palas cargadoras (Figura 8) son utilizadas para la colocación de material de cobertura en la medida que se completan las capas que conforman el contenido de cada celda.

También son usadas para cargar material árido con destino a la playa de descarga de cada celda y el mantenimiento de los caminos del relleno sanitario.



Figura 8: Pala cargadora. Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com).

#### 5.2.1.5. Excavadoras

Las excavadoras (Figura 9) son utilizadas para la construcción de nuevas celdas, como también para las zanjas de los ductos principales de lixiviados y gases y mantenimiento del módulo.





Figura 9: Excavadora. Fuente: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com).

#### 5.2.1.6. Retroexcavadoras cargadoras

La retroexcavadora (Figura 10) es un vehículo polifuncional se utiliza habitualmente para poder remover, abrir surcos y posteriormente extraer cantidades grandes de tierra. Estas excavaciones generalmente son aprovechadas para colocar tuberías, cables, drenajes necesarios para la operación del relleno sanitario.



Figura 10: Retroexcavadora cargadora. Fuente: www.caterpillar.com.

El equipo de operaciones cuenta con un total de 44 equipos de gran porte que se detallan en la Tabla I.

Tabla I: Dotación y dimensiones máquinas de gran porte

| EQUIPO           | MODELO | Cantidad de equipos | Altura [mm]         | Ancho [mm] | Largo [mm] | Peso [kg] | Ancho de ruedas / cadenas [mm] | Ancho entre ruedas / cadenas (interno) [mm] |
|------------------|--------|---------------------|---------------------|------------|------------|-----------|--------------------------------|---|
| COMPACTADORES    | 826 K  | 8                   | 4568/4765 (c/strob) | 3800       | 8715       | 40917     | 1200                           | 1400  |
| TOPADORES        | D8T    | 12                  | 3488                | 2743       | 4647       | 38351     | 610                            | 1473  |
| TOPADORES        | D7R    | 8                   | 3488                | 4496       | 4647       | 24962     | 610                            | 1370/1420                                   |
| TOPADORES        | D6     | 9                   | 3488                | 3260       | 4647       | 20449     | 915                            | 1363/1398                                   |
| RETROEXCAVADORAS | 320    | 3                   | 3160/4000           | 3100       | 9530       | 22400     | 800                            | 1400/1480                                   |
| PALA CARGADORA   | 938    | 2                   | 3669                | 2675       | 7604       | 15146     | 480                            | 1400  |
| MOTONIVELADORA   | 140    | 1                   | 3354                | 2480/3556  | 10100      | 19198     | 740                            | 1750  |
| EXCAVADORA       | 320    | 1                   | 3100                | 3170       | 9500       | 22500     | 790                            | 1590  |

### **5.3. Demanda anual de lavados**

A los efectos de poder proyectar la cantidad de lavados a realizar en el nuevo lavadero se analizaron los registros de lavados del parque de las 44 máquinas viales durante doce meses (septiembre 2020 – agosto 2021) obteniéndose como valores previstos los siguientes:

|   |     |
|---|-----|
| Lavados por mantenimientos preventivos futuros: | 268 |
| Lavados por mantenimientos correctivos futuros: | 408 |
| Total de lavados proyectados:                   | 676 |

Con los datos proyectados se puede concluir que en promedio ingresarán al proceso de lavado en la nueva instalación 2,16 máquinas por día laborable (de lunes a sábados).

## **6. Estudio Técnico**

### **6.1. Descripción de las operaciones actuales de las máquinas de gran porte**

#### **6.1.1. Operación actual de equipos de gran porte en la playa de descarga (Figura 11)**

Las máquinas de gran porte operan las 24 horas del día, los 7 días de la semana y son sometidas diariamente a un proceso de limpieza y lavado superficial. La limpieza es realizada en la playa de descarga donde dos personas remueven barro; basura domiciliaria; ramas y troncos atrapados en las partes bajas de las máquinas durante una hora en promedio con la ayuda de barretas. Luego, utilizando una hidrolavadora, una persona remueve superficialmente el barro y basura remanentes, asegurando que cadenas, mandos finales, ejes conectores de las transmisiones, entre otras partes, estén libres de elementos abrasivos que pueden generar el desgaste prematuro y/o de elementos sólidos tales como eslingas, troncos, barras metálicas, alambres, entre otros, que puedan generar graves daños a la máquina. De existir este tipo de elementos peligrosos son retirados inmediatamente. Posteriormente, un mecánico de playa inspecciona la máquina. En caso de encontrar alguna anomalía, notifica a Supervisión de Mantenimiento para decidir si es necesario trasladarla al taller. Si el desperfecto puede ser resuelto por el personal de mantenimiento de playa, una vez realizada la reparación, el equipo



es puesto nuevamente en operación. Caso contrario, el mismo es transportado al taller de mantenimiento de equipos pesados para su intervención.

La Gerencia de Mantenimiento posee un plan de mantenimiento preventivo, por lo que el equipo debe ser llevado al taller de mantenimiento de equipos pesados, a intervalos preestablecidos, para cumplir los requerimientos de ese plan. Cuando el equipo es derivado al taller, ya sea por tareas de mantenimiento preventivas y/o correctivas, antes de realizar estas tareas, dos operarios proceden a realizar una limpieza profunda en la entrada del taller y un lavado en la rampa donde éste es intervenido. Una vez que el equipo se encuentra en condiciones, el personal de taller ejecuta las tareas de mantenimiento correctivo y/o preventivo que le correspondan. Finalizada la intervención, el equipo es llevado nuevamente a la playa de descarga para retomar sus actividades, según demanda.

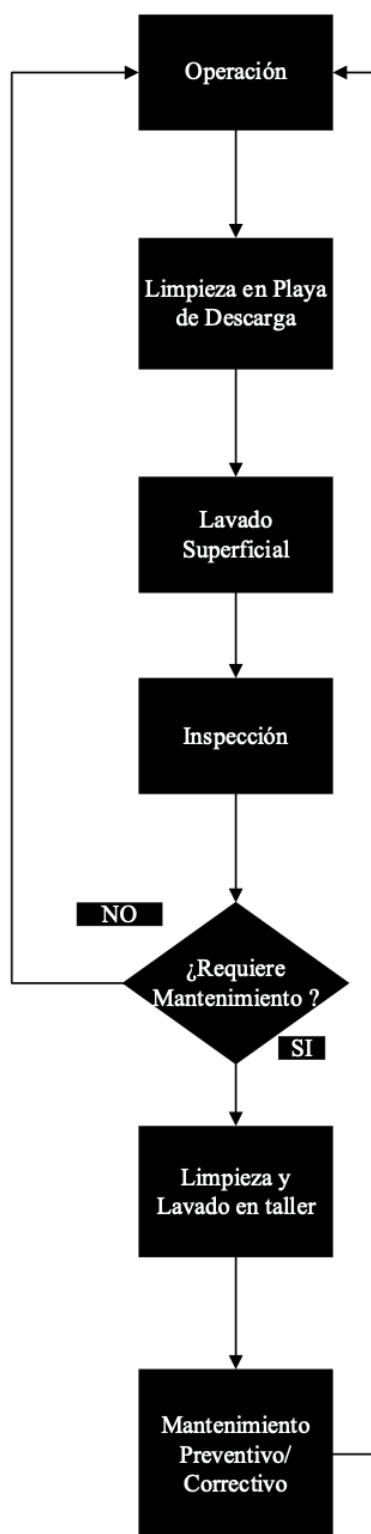


Figura 11 :Circuito operativo actual.

### *6.1.2. Proceso de limpieza y lavado de los equipos de gran porte en taller de mantenimiento*

#### 6.1.2.1. Limpieza con aire comprimido

Las tareas que involucran la limpieza con aire comprimido tienen una duración, en total, de 30 minutos. A seguir se describen las actividades:

1. Se limpia por medio de aire a presión el filtro secundario de aire del motor.
2. Se limpia por medio de aire a presión el vano motor, los radiadores y toda la circunferencia del motor y cabina.
3. Se limpia por medio de aire a presión el exterior de la máquina, laterales de hoja topadora, cajón trasero, tándem, cajón de baterías, laterales de cabina y demás partes del equipo en general.

#### 6.1.2.2. Limpieza por medio de barretas y ganchos

Las tareas de remoción y limpieza de barro, basura y elementos dañinos para los equipos de gran porte con barretas y ganchos se describe a continuación:

1. Se acomoda el equipo en un lugar limpio y plano.
2. Se levanta por medio de la hoja topadora el lado de la oruga a limpiar.
3. Se procede a desprender la basura acumulada entre el tándem y el bastidor del equipo.
4. Se procede a desprender la basura acumulada entre el mando final y el bastidor del equipo.
5. Se procede a desprender la basura acumulada entre el brazo del espejo, el trunion y el tándem.
6. En caso de si hubiese, se procede a cortar cables y eslingas tanto detrás de los mandos finales como detrás de la unión de trunion.
7. En caso de que hubiese, se procede a sacar, cortar, retirar neumáticos, troncos u objetos atorados entre el bastidor y demás componentes del equipo.

El tiempo de este proceso es de 30 minutos.

#### 6.1.2.3. Lavado

El lavado del equipo se realiza en la rampa del taller de mantenimiento de equipos de gran porte con una hidrolavadora. Esta etapa tiene una duración de 30 minutos, procediendo de la siguiente manera:

1. Se realiza lavado del equipo por medio de hidrolavadora, radiadores y vano motor primero.
2. Se realiza lavado del equipo por medio de hidrolavadora, cajón de baterías y cajón de filtros de transmisión y exterior de cabina.
3. Se realiza lavado del equipo por medio de hidrolavadora, ya desde nivel de suelo, se lava cajón trasero, se lava tándem, respaldo de hoja topadora y cilindros.

#### 6.1.2.4. Recolección y disposición de residuos remanentes

Una vez finalizados los procesos de limpieza con aire comprimido, barretas y agua a presión, se procede a realizar la recolección de los residuos sólidos húmedos debajo de la máquina. Esta recolección se realiza en forma manual mediante el uso de escobas industriales, palas y carretillas, disponiendo los residuos en contenedores que serán retirados por empresas que realizan la disposición final en forma sustentable conforme a la normativa aplicable. Posteriormente, el piso es lavado mediante agua a presión, y el agua es dirigida mediante canalizaciones a un sistema de piletas que contienen cámaras separadoras de hidrocarburos. El agua con sólidos en suspensión será reincorporada al circuito de líquido lixiviado a tratar y el agua con hidrocarburos será retirada de la misma forma que los contenedores descritos anteriormente. Este proceso de recolección de residuos, su disposición y la limpieza del piso del taller demora alrededor de 90 minutos y es realizado por un operario.

### 6.1.2.5. Tiempo total de limpieza y lavado actuales

A partir de los tiempos parciales anteriores se concluye que el tiempo de limpieza y lavado actuales acumula un total de 180 minutos según se describe en la siguiente tabla:

|   |             |
|---|-------------|
| Limpieza con aire comprimido:                     | 30 minutos  |
| Limpieza por medio de barretas y ganchos:         | 30 minutos  |
| Lavado:   | 30 minutos  |
| Recolección y disposición de residuos remanentes: | 60 minutos  |
| Limpieza del piso del taller en zona de rampas:   | 30 minutos  |
| Tiempo Total:                                     | 180 minutos |

### 6.1.2.6. Equipamiento necesario

Para la ejecución del proceso descrito anteriormente, la organización cuenta con los siguientes equipos y herramientas:

- Grupos generadores (2 playas de descarga)
- Compresores y sus accesorios (2 en playas de descarga y 1 en taller)
- Hidrolavadoras y su accesorios (2 en playas de descarga y 1 en taller)
- Barretas y ganchos
- Tanques de agua portátiles (2 en playas de descarga y 1 en taller) (de 1m<sup>3</sup>)
- Rampa en el taller

### 6.1.2.7. Características del proceso de limpieza y lavado actuales en playa de descarga y taller

El proceso de limpieza y lavado actual descrito anteriormente presenta las siguientes características:

- La finalidad del taller de mantenimiento es realizar los mantenimientos preventivos y correctivos, para asegurar la disponibilidad de las máquinas y ha sido diseñado para tal propósito, por lo tanto no cuenta con las instalaciones adecuadas para el proceso de lavado y la salida de este proceso no es la que asegura la limpieza previa a la intervención a realizar.
- Las máquinas son lavadas sobre las rampas de taller donde se realiza también su mantenimiento.
- Es difícil acceder a las partes en altura que posee el equipo.
- Los derrames de hidrocarburos carecen de contención en playas.
- La iluminación del local sólo puede ser garantizada durante el día.
- La limpieza actual no asegura los mejores resultados de las inspecciones ya que persisten barro y suciedad en el equipo.
- Existen riesgos de contaminación de sistemas hidráulicos y de lubricación de los equipos.
- Los equipos cuentan en su parte inferior con chapas protectoras de los circuitos hidráulicos y de lubricación. Entre estas chapas y los circuitos se forma una cámara que, dado que no es estanca, contiene basura producto de la operación normal de los equipos. Al intervenir el equipo en la rampa, se abre la cámara, denominada “panza” coloquialmente, para dejar caer la basura. Los desechos son cargados en carretillas y llevados a contenedores. Esto conlleva procesos diarios de limpieza intensiva del taller, que requieren de muchas horas de trabajo de su personal.
- Se generan múltiples condiciones de riesgo para el personal del taller como lo son las caídas por resbalamiento o desnivel y las contusiones generadas por falta de iluminación adecuada, entre las más habituales.
- El proceso es de mano de obra intensiva y requiere de alta frecuencia de retiro de materiales de desecho por parte de las empresas encargadas de la disposición final.

Dadas estas características y como objetivo de este escrito se presenta un proyecto de mejora al proceso de lavado actual.

## 6.2. *Propuesta de nuevo lavadero*

### 6.2.1. *Necesidades de limpieza*

Como se ha mencionado anteriormente, el mantenimiento de los equipos de gran porte es esencial para asegurar las operaciones de Trataresiduos S.A. en el CANIIL. Para conseguir la mayor disponibilidad de estos equipos, es necesario mejorar el proceso de inspección y mantenimiento preventivo y correctivo, lo que implica que la máquina debe llegar al taller con un grado de limpieza tal que se puedan verificar que todos los componentes de los equipos se encuentren libres de suciedad, barros y otros elementos incrustados.

### 6.2.2. *Mejora esperada*

En lo que respecta a las tareas de mantenimiento, la instalación del nuevo lavadero traería consigo eficiencia a este proceso, logrando, por un lado, disminuir el tiempo medio de reparación o intervención en el equipo (MTTR - Mean Time To Repair) y, por otro lado, aumentar el tiempo medio entre fallas (MTBF - Mean Time Between Failure). Esto es así porque un equipo limpio permite una ejecución más rápida de las tareas de mantenimiento preventivo y/o correctivo, ya que no se pierde tiempo en limpiezas parciales/totales una vez que la máquina está en el taller.

Lo mencionado anteriormente explica el aumento de la disponibilidad dada por la siguiente función (1):

$$D\% = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

MTBF (Mean Time Between Failure) es el tiempo medio entre falla del equipo,

MTTR (Mean Time To Repair) es el tiempo medio para reparar el equipo,

D% es la disponibilidad, en porcentaje, con la que cuenta el equipo. (Kardec y Nascif, 2002).

Por otro lado, la disponibilidad de total de la flota pesada está dada por la siguiente fórmula (2):

$$D_T = 1 - \Pi (1 - D_i) \quad (2)$$

Donde:

$D_T$  es la disponibilidad total de la flota,

$D_i$  es la disponibilidad individual de cada equipo. (Kardec y Nascif, 2002).

#### 6.2.2.1. Mejoras en la disponibilidad

El tiempo medio entre fallas se ve incrementado por varias condiciones. Dentro de las de mayor frecuencia se encuentran las elevadas temperaturas en los circuitos de admisión de combustible, en los circuitos de refrigeración y en los circuitos hidráulicos de potencia y la suciedad en los sistemas eléctricos. Estos dos problemas causan el 8,12% de las fallas del parque de equipos de Trataresiduos S.A. (Tabla II) y podrían solucionarse con una mejora en el sistema de limpieza.

Las soluciones dadas por el lavado propuesto en este documento intervienen resolviendo estos problemas en varias instancias. En primer lugar, con una adecuada limpieza, también se tornan visibles áreas y componentes que pueden presentar fallos tales como: fisuras; desgastes; falta de bulonería/piezas; pérdidas de fluidos (lubricantes; refrigerantes); entre otros. Esta detección permite una temprana atención de la máquina antes que el defecto se torne en una falla severa o catastrófica, generando el paro de la unidad. En segundo lugar, el lavado y limpieza reduce la posibilidad de calentamiento del equipo (por ejemplo: un radiador sucio no permite un adecuado intercambio de calor; sea este del circuito de refrigeración del motor o del sistema de hidráulico). En tercer lugar, evita la ignición de las maquinarias debido a la acumulación de residuos que podrían combustionar dentro de ellas.



Tabla II: Reporte de fallas del parque de equipos de gran porte

| Tipo de falla   | Total general | Fallas por defectos de la inspección |
|---|---------------|--------------------------------------|
| Alerta de alta temperatura refrigerante del motor           | 27            | 27                                   |
| Alta temperatura del aceite hidráulico                      | 137           | 137                                  |
| Alta temperatura refrigerante del motor                     | 227           | 227                                  |
| Baja presión del aceite del motor                           | 98            | 98                                   |
| Flujo bajo de refrigerante del motor                        | 13            | 13                                   |
| Alta temperatura de aceite de lubricación de la transmisión | 8             | 8                                    |
| Alta temperatura del aceite de convertidor de par           | 239           | 239                                  |
| Alta temperatura del aire del múltiple de admisión          | 123           | 123                                  |
| Otras fallas no asociadas al proceso de inspección          | 9864          | 0                                    |
| Total general   | 10736         | 872                                  |
| Porcentaje de fallas  |               | 8,12%                                |

Fuente: Trataresiduos S.A.

#### 6.2.2.2. Mejoras en Seguridad e higiene:

Además de las mejoras mencionadas, existen otras ventajas asociadas a la instalación del lavadero en cuanto a la seguridad de las personas, el proceso de lavado y la reducción de costos operacionales. Estas son:

- Trabajar sobre suelo firme y consolidado lo que disminuye el riesgo de lesiones de los técnicos (actualmente se trabaja sobre tierra o cascote en las playas de descarga, en tanto que el nuevo lavadero prevé una nave industrial con piso de H°A°).
- Asegurar los procedimientos y procesos de lavado correcto utilizando todos los elementos de protección personal (EPP) correspondientes a la tarea.
- Trabajar con escaleras de ascenso a los equipos para no utilizar los escalones y asideros los cuales se mojan y se tornan resbalosos.
- Realizar las labores con equipos de lavado eléctrico (electro-bomba) en lugar de diésel (moto-bombas). De este modo, se aprovechará la red eléctrica existente en el lugar, evitando entonces la manipulación de combustible y su carga manual, minimizando riesgos de ingestión o daño ocular, además de costos logísticos por traslado de hidrocarburos.

- Mejorar el control de derrames en caso de roturas de mangueras hidráulicas o reservorios de hidrocarburos.
- Trabajar con mayor seguridad conforme a la ley debido a mejoras en las luminarias.
- Evitar potenciales lesiones y pérdidas de hora hombre.
- Reducir costos de disposición de residuos especiales dado que se disminuirá drásticamente el volumen de las aguas contaminadas generadas en el proceso de lavado. Esto será posible gracias a que el sistema de lavado propuesto cuenta con una etapa de separación eficiente de fluidos contaminados y fluidos limpios. Los fluidos remanentes contaminados se entregados hoy a un transportista que asegura su disposición final de mediante el pago de un canon específico, por lo que su separación permitirá una reducción en este gasto fijo.

#### 6.2.2.3. Mejoras en el proceso de lavado:

Las principales mejoras en el proceso de lavado son, entre otras, las siguientes:

- Trabajar con agua de las plantas de tratamiento de lixiviados.
- Separar los desechos de agua contaminada con hidrocarburos y barros.
- Trabajar con detergentes y/o desengrasantes para un mejor lavado.
- Evitar la contaminación cruzada de componentes por mal lavado (cuando se realizan tareas de desarme, evaluación y reparación por parte de los técnicos en intervenciones de equipos en campo)
- Preparar y desinfectar equipos eficientemente para tareas de grandes intervenciones como overhaul, siniestros, incendios, roturas de gran envergadura.
- Disminuir fallas de diagnóstico por suciedad o mal lavado.
- Asegurar las herramientas y maquinarias de lavado al contar con un sector de guardado techado y acondicionado para tal fin.
- Reducir costos por limpieza del taller. El lavado de los equipos que bajan desde las celdas de descarga conlleva la remoción de una importante cantidad de desechos que se adhieren durante su operación normal. Con un lavadero destinado para la tarea, se minimizarán los costos actuales de limpieza del taller por la basura generada.

### 6.2.3. *Nuevo circuito operacional de las máquinas de gran porte*

El circuito de operación propuesto (Figura 12) trae consigo mejoras en la limpieza, lavado e inspección en playa de descarga y taller de mantenimiento. Para ello, es necesaria la adquisición de nuevos equipamientos para ejecutar los trabajos y la construcción de un local específico para el lavado de las máquinas de gran porte.

En este nuevo circuito, cuando las máquinas detengan su operación para ser lavadas diariamente, se dirigirán hacia un área despejada en la playa de descarga para ser limpiadas mecánicamente con ayuda de barretas y de sopletes oxiacetilénicos y lavadas en altura con la ayuda de una hidrolavadora. Esto facilitará la remoción de basura y objetos punzantes/metálicos como también de los barros superficiales. Esta tarea será realizada por dos operarios.

Una vez que el equipo termine el proceso de limpieza y lavado, será inspeccionado en búsqueda de anomalías. En caso de que no se detecte ninguna, la máquina continuará con sus operaciones habituales. Si la persona que realiza el lavado encuentra una anomalía, notifica a la Supervisión de Mantenimiento para decidir si es necesario derivar el equipo al taller. También puede ocurrir que la unidad es derivada al taller para la realización de mantenimientos preventivos planificados definidos por el área.

Para los casos en que se requiere derivar el equipo al Taller de Mantenimiento, la máquina será llevada en carretón hacia el lavadero propuesto, que se encontrará próximo al Taller. En él, se remueven completamente todos los barros y basuras internas en lugares intrincados de la máquina. Se limpiará el equipo con aire comprimido y se lavará con agua a alta presión el chasis, la que será proporcionada por unos cabezales rotatorios situados en el suelo del local, profundizando la limpieza en la cavidad de protección de los circuitos hidráulicos y de lubricación. También se contará con lanzas manuales que permitirán ajustar detalles en la limpieza.

Terminado el lavado profundo, la máquina se encuentra en condiciones para ser derivada mediante carretón al Taller de Mantenimiento para ser intervenida por los técnicos.

Finalizada la intervención el equipo es trasladado nuevamente a playa de descarga mediante carretón para su puesta en servicio.

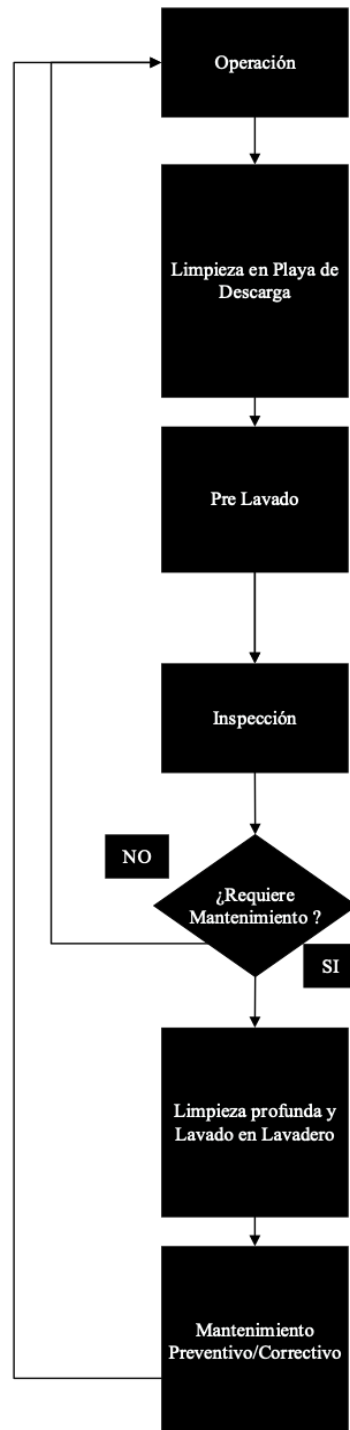


Figura 12: Circuito operativo propuesto.

## 6.2.4. *Proceso de limpieza y lavado de los equipos de gran porte en lavadero propuesto*

Una vez que llega el equipo al lavadero industrial, comienza el proceso de lavado. Según la determinación del personal necesario realizada en 6.2.6 se requerirán dos personas para llevar adelante el proceso. A continuación, se presentan las etapas del lavado de equipos de gran porte:

### 6.2.4.1. Espera eventual

Al llegar la máquina proveniente de la playa de descarga puede suceder que el lavadero no esté disponible para recibir el equipo, lo que podría generar una demora de, como máximo, 15 minutos. Estas demoras son breves y eventuales, ya que las bajadas de las máquinas de gran porte al taller son planificadas. Algunas razones de esta tardanza podrían ser, almuerzo/ refrigerio de los operarios, entrenamientos breves y simulacros de siniestros al personal, falta de energía eléctrica, realización de tareas de mantenimiento en el local, entre otras.

### 6.2.4.2. Posicionamiento del equipo para comienzo del proceso de lavado

La máquina una vez fuera del carretón de transporte es conducida con ayuda de los operarios del lavadero (mediante señalizaciones) a la posición donde comenzará la limpieza con aire comprimido (Figura 13). Se estima que esta etapa no debe durar más de 2 minutos.

### 6.2.4.3. Limpieza con aire comprimido

En esta etapa, cuyo tiempo medio esperado es de 30 minutos, se limpiará por medio de aire a presión fundamentalmente la parte superior de las máquinas de gran porte, es decir, la cabina y el sistema motor del equipo (Figura 14). Las tareas de limpieza a realizar por los operarios seguirán este orden: 1) filtro secundario de aire del motor; 2) vano motor, los radiadores y toda la circunferencia del motor y cabina; 3) exterior de la máquina, laterales de hoja topadora, cajón trasero, tándem, cajón de baterías, laterales de cabina y demás partes del equipo en general.

### 6.2.4.4. Limpieza por medio de barretas y ganchos

Esta etapa, que tiene una duración media estimada de 15 minutos, consistirá en remover los elementos que quedan incrustados en las partes inferiores de las máquinas (Figura 15). Implicará las siguientes acciones:

1. Mover el equipo a lo largo del corredor del lavadero para, progresivamente, quitar los objetos incrustados en la oruga o en la zona de los neumáticos, según el caso.
2. Desprender la basura residual acumulada entre el tándem y el bastidor del equipo, si la hubiera.
3. Desprender la basura acumulada entre el mando final y el bastidor del equipo.
4. Idem entre la que hubiere acumulada entre el brazo del espejo, el truñon y el tándem.
5. Cortar cables y eslingas tanto detrás de los mandos finales como detrás de la unión de truñon, si hubiese.
6. Sacar, cortar, retirar neumáticos, troncos u objetos atorados entre el bastidor y demás componentes del equipo, si los hubiese.

#### 6.2.4.5. Lavado con agua a presión

Esta etapa del proceso (Figura 16), con una duración media de 30 minutos, consistirá en utilizar agua a presión para quitar barros y otros elementos adheridos a las diferentes partes del equipo que no hubieran podido ser removidas en las tareas previas (6.2.4.3 y 6.2.4.4). Se estima que, por lavado, se consumirá 1200 litros o 1,2 m<sup>3</sup> y se utilizarán unos 3 litros de detergente disuelto en agua en una proporción de 1:400, además de los trapos utilizados para secar y ayudar a repasar la limpieza del equipo. Se procederá de la siguiente manera:

1. Se lavará el equipo por medio del sistema de lavado integrado del lavadero industrial, utilizando lanzas en primer lugar, lavándose techo y partes exteriores de la cabina.
2. Luego se procede a lavar con lanzas el piso interior de cabina.
3. A continuación le siguen los radiadores y el vano motor.
4. Seguidamente, se lava el cajón de baterías y cajón de filtros de transmisión y exterior de cabina.
5. Finalmente, se realiza el lavado de las partes inferiores de la máquina (tándem, respaldo de hoja topadora, chasis, entre otras) por medio del sistema de cabezales giratorios integrados al sistema de lavado, desde el nivel del suelo.

Durante esta etapa, las lanzas operarán durante 20 minutos por cada lavado y los cabezales rotatorios durante 10 minutos.

#### 6.2.4.6. Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso

En esta fase de 5 minutos promedio los operarios del lavadero inspeccionarán el equipo para verificar que no queden barro, objetos incrustados o cualquier tipo de suciedad que enmascare fallas que podrían perjudicar el proceso de mantenimiento posterior de la máquina. En caso de que se encuentren defectos en el resultado del proceso ejecutado hasta esta etapa, se tomarán acciones para eliminarlos. De lo contrario, el equipo estará listo para ser retirado por el operador de la máquina.

#### 6.2.4.7. Retiro del equipo por operador de máquina

Una vez que la máquina esté en las condiciones deseadas de limpieza, el operador de la máquina retirará el equipo del taller (Figura 17) para dirigirlo al taller de mantenimiento de equipos pesados. Para esta fase del proceso se estima una duración media de 2 minutos.

#### 6.2.4.8. Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido

El proceso de lavado generará residuos sólidos y líquidos, algunos de ellos, caerán dentro de la rejilla que cubre una canaleta ubicada en el centro de la nave del lavadero, que se extiende desde el frente hasta la fosa de bombeo con reja de retención de sólidos, en tanto que otros caerán fuera y ensuciarán el piso de la nave. Una vez terminado el lavado, el personal del lavadero procederá a barrer y recolectar esta suciedad del piso manualmente (Figura 18).

El tiempo estimado de esta etapa es de 10 minutos. Para esta actividad de limpieza se prevé un consumo de agua de 400 litros por lavado consumidos por las lanzas (2 lanzas funcionando durante 10 minutos), más 50 litros por lavado por parte de la cañería de limpieza de la canaleta, lo que significará un consumo de 450 litros de agua por lavado durante la actividad de limpieza del lavadero y 1 litro de detergente.

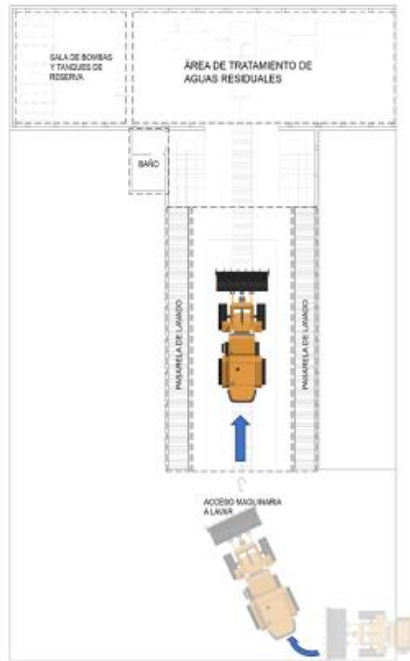


Figura 13: Ingreso y posicionamiento equipo.

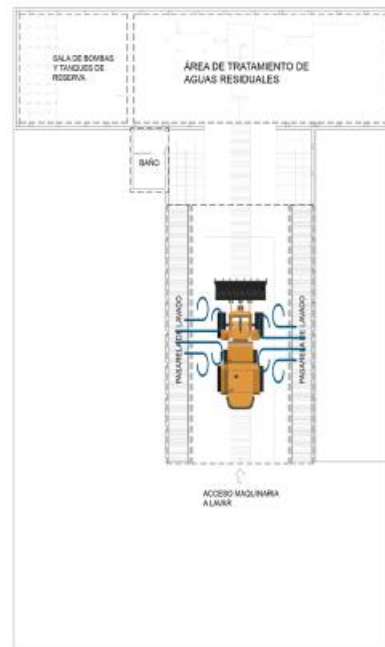


Figura 14: Limpieza con aire comprimido

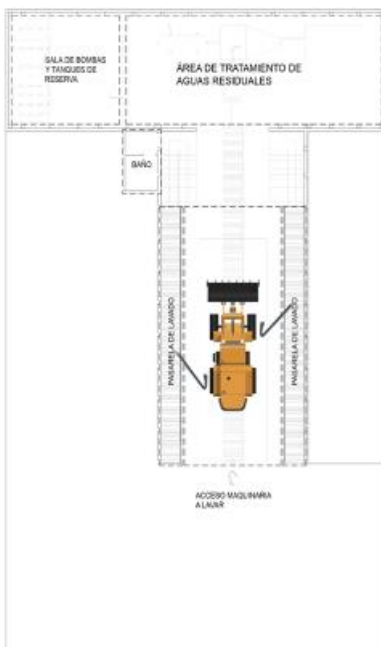


Figura 15: Limpieza con barretas

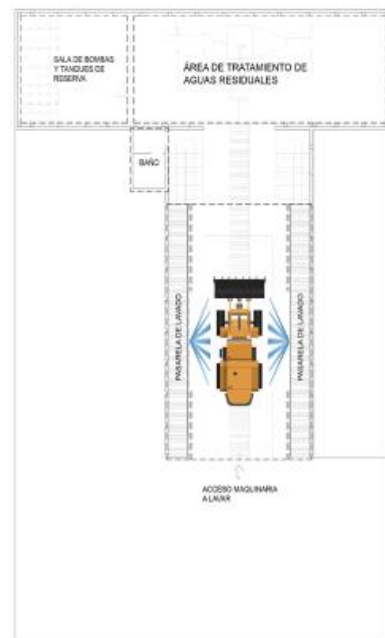


Figura 16: Lavado con agua a presión



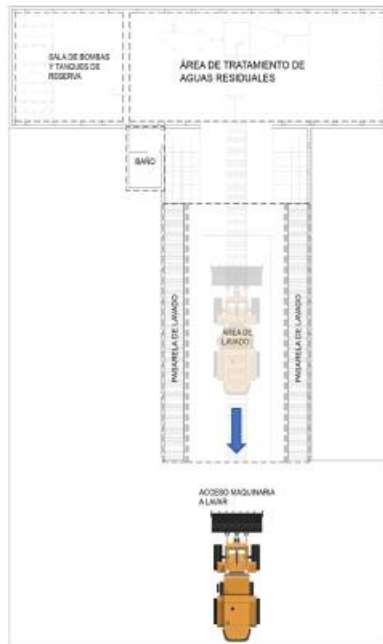


Figura 17: Salida equipo

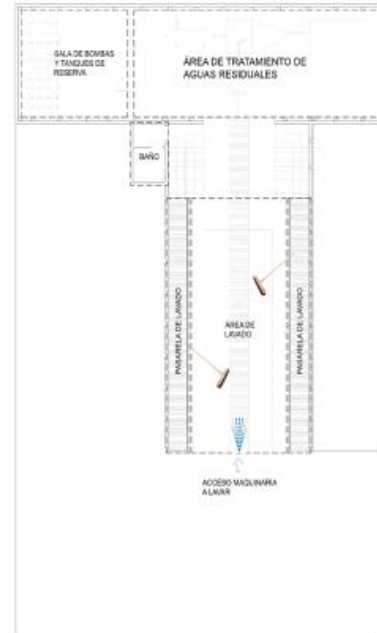


Figura 18: Limpieza lavadero

6.2.5. *Tratamiento de Efluentes*

El proceso de lavado requiere de un correcto tratamiento de los residuos sólidos y líquidos que se generan los que, en algunos casos, son peligrosos y no pueden volver a la playa de descarga.

6.2.5.1. Colección de efluentes

En el diseño previsto para el lavadero, los líquidos serán colectados en una canaleta de desagüe de 1,2 m de ancho situada a lo largo del área de lavado. Estos líquidos poseen partículas sólidas de hasta 2 cm, que es la luz de las rejillas perimetrales de la canaleta. Rutinariamente, se deberá realizar la limpieza de estas canaletas para evitar que circulen por el sistema y que los sólidos no causen deterioros en los equipos de la instalación aguas abajo. Para ello se utilizará la cañería de empuje situada al comienzo de la canaleta, la cual arrastrará todos los remanentes mediante el barrido por agua a presión, aquellos sólidos que nos son removidos por el agua serán recolectados manualmente por un operario, colocándolos en el contenedor recolector de sólidos.

Se estima un flujo diario de 2,85 m<sup>3</sup> de agua con suciedad que será captada por el sistema de tratamiento de efluentes (80% del agua industrial utilizada en el proceso de lavado). Por otra parte, el 20% del agua industrial utilizada y no colectada por el sistema de tratamiento de efluentes se evaporará.

La generación de efluentes sólidos estará dada de la siguiente manera:

- 20% del volumen de agua con suciedad captada por el sistema de tratamiento de efluentes son sólidos tratados por el separador de sólidos a tornillo. Esto representa un valor de 0,57 m<sup>3</sup> por día (ver Tabla III);
- 0,5 m<sup>3</sup> de efluentes sólidos por lavado que se derivan directamente al contenedor de residuos sólidos por recolección manual de los operarios. Esto representa 1m<sup>3</sup> por día, aproximadamente.

Tabla III: Volumen diario de efluentes proyectados.

| Volumen diario efluentes proyectados   |      |                     |
|--|------|---------------------|
| Volumen utilizado agua industrial (100%)   | 3,56 | m <sup>3</sup> /día |
| Volumen efluentes (80%)  | 2,85 | m <sup>3</sup> /día |
| Volumen sólidos (20% de efluentes)   | 0,57 | m <sup>3</sup> /día |
| Volumen recirculación a fosa de bombeo (20% de sólidos)  | 0,11 | m <sup>3</sup> /día |
| Volumen hidrocarburos (10% de líquidos)  | 0,24 | m <sup>3</sup> /día |
| <u>Hipótesis de trabajo</u><br>El 20% del agua industrial utilizada se evapora.<br>El 20% del volumen de agua industrial que es colectada por el sistema de tratamiento de efluentes deriva en residuos sólidos que van al contenedor.<br>De los sólidos procesados que son enviados al contenedor, el 20% representa agua con suciedad que será captada por la bomba de recirculación a fosa de bombeo con rejilla de retención de sólidos. |      |                     |

#### 6.2.5.2. Separación manual de sólidos

Los líquidos con partículas sólidas provenientes de la canaleta anterior serán conducidos a una fosa que poseerá un canasto metálico con una rejilla de retención de sólidos de 1.5cm de sección. Este canasto será removido manualmente en forma diaria por un operario del lavadero para disponer su contenido en el contenedor recolector de sólidos. En esta fosa se situará una

bomba sumergible capaz de impulsar los líquidos con partículas filtradas por la rejilla hacia el separador de sólidos con tornillo extractor.

#### 6.2.5.3. Separación y disposición de sólidos remanentes

El lavadero contará con un equipo separador de sólidos que tendrá la función de separar los sólidos en suspensión más pesados, tales como arenas, arcillas, entre otros sólidos de mayor peso específico que el agua mediante decantación. Al ingreso del equipo existirán placas cuya función será disminuir la velocidad del líquido con partículas sólidas que ingresa al separador, aumentando así la eficiencia del proceso de decantación. Los sólidos depositados en el fondo del separador de sólidos son impulsados mediante un tornillo sin fin hacia un contenedor recolector de sólidos. El contenedor, por su parte, cumplirá la función de almacenar los sólidos húmedos y decantar el agua remanente en estos últimos, enviándola nuevamente a la fosa de bombeo mediante una bomba ad-hoc. Se estima que el volumen diario de agua en los residuos del contenedor recolector será de 0,11 m<sup>3</sup> (Tabla III), lo que representa un 20% de los residuos sólidos procesados por el separador de sólidos a tornillo. Una vez que es llenado el contenedor (que será tipo roll off), éste es retirado mediante un camión para transportarlos a la playa de descarga.

#### 6.2.5.4. Separación de hidrocarburos

Para realizar la separación de hidrocarburos el lavadero contará con un separador de flotantes con placas. Por diferencia de peso específico los hidrocarburos serán trasvasados por rebalse a una cámara dentro de este equipo hasta alcanzar un nivel en el cual se procederá a su recolección por parte de un transportista de residuos especiales habilitado por autoridad competente. En tanto, el agua se direcciona mediante un equipo de bombeo a una pileta de lixiviados para su posterior proceso en las plantas de tratamiento de lixiviados.

#### 6.2.5.5. Tiempo requerido por el personal del lavadero para el tratamiento de efluentes

El tiempo diario insumido por el personal del lavadero para el tratamiento de efluentes será de 45 minutos. El detalle de tareas a realizar y sus tiempos medios se pueden apreciar en la tabla IV.

Tabla IV: tiempo requerido por el personal del lavadero para el tratamiento de efluentes.

| Tarea  | Tiempo [minutos] |
|--|------------------|
| Colección de efluentes                         | 30               |
| Separación manual de sólidos                   | 15               |
| Separación y disposición de sólidos remanentes | 0                |
| Separación de hidrocarburos                    | 0                |
| <b>Tiempo total</b>                            | <b>45</b>        |

#### 6.2.6. Personal necesario










##### 6.2.6.1. Análisis de productividad y determinación del personal

Se elaboró un análisis de productividad de la mano de obra para determinar el personal necesario que cumpla con los requerimientos del lavadero de máquinas de gran porte (Anexo 10.1 - “Análisis de productividad”). Este estudio arrojó un requerimiento de 199 minutos hombre normales por lavado, es decir, 3,32 horas hombre normales por lavado para un total de 2,16 lavados en promedio por día. Dados estos datos, se concluye que se requerirán 2.235,168 horas hombre anuales para lavados. A su vez, el lavadero requerirá de 45 minutos diarios de un operario del lavadero para realizar tareas destinadas al tratamiento de efluentes. La productividad de una persona anual será, aproximadamente, de 1387,68 horas hombre anuales, considerando factores tales como vacaciones, permisos, ausentismo y rendimiento de la mano de obra.

##### 6.2.6.2. Cursograma sinóptico del proceso

Las actividades tenidas en cuenta para el análisis de productividad del proceso de lavado están representadas en el siguiente cursograma sinóptico detallado en la tabla V.

Tabla V: Cursograma sinóptico del proceso de lavado

| Nº actividad | Tipo de actividad   | Descripción   | Tiempo (en min.) | Recursos necesarios asociados al lavadero  |
|--------------|---|---|------------------|--|
| 1            |    | Envío de la máquina de gran porte al lavadero.                            |                  | No requiere.   |
| 2            |    | Espera (eventual) en pie de línea por operario de lavadero.               | 15               | No requiere.   |
| 3            |    | Posicionamiento del equipo para el comienzo del proceso de lavado.        | 2                | Operador de máquina  |
| 4            |   | Limpieza superficial de cabina y exterior del equipo con aire comprimido. | 30               | 2 operadores de lavadero.<br>Compresor de Aire.  |
| 5            |  | Limpieza de la máquina con barretas y ganchos                             | 15               | 2 operadores de lavadero.<br>Barretas y ganchos.   |
| 6            |  | Lavado del equipo con agua a presión                                      | 30               | 2 operadores de lavadero.<br>2 lanzas que consumen 800 litros<br>2 cabezales rotatorios que consumen 400 litros<br>Equipos de bombeo y accesorios para lavado.<br>3 litros de detergente<br>Trapos |
| 7            |  | Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso   | 5                | 2 operadores de lavadero.<br>Equipos de bombeo y accesorios para lavado.<br>Trapos   |
| 8            |  | Retiro del equipo por operador de máquina                                 | 2                | Operador de máquina.   |
| 9            |  | Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido                    | 10               | 2 operadores de lavadero.<br>2 lanzas que consumen 400 litros.   |

|   |  |  |     |  |
|---|--|--|-----|--|
|   |  |  |     | 1 litro de detergente<br>Cañería de limpieza que consume 50 litros<br>Carretilla contenedora de basura.<br>Equipamiento de limpieza. |
| Tiempo total del proceso de lavado para 2 operarios de lavadero |  |  | 109 |  |

Como se puede observar, el hecho de asignar dos operarios de lavadero reduce el tiempo del proceso de lavado de 199 minutos a 109 minutos (de existir demora), ya que aquellas tareas que necesitarán del personal del lavadero se pueden realizar en paralelo, por lo que el tiempo de esas actividades se reducirá a la mitad (se considera despreciable el factor de simultaneidad por tratarse de espacios y equipos muy grandes). El proceso de lavado de equipos de gran porte más el proceso de tratamiento de efluentes tienen un requerimiento total de 2.469,16 horas hombre al año.

### 6.2.6.3. Cuestiones de seguridad relacionadas

Existe, además, la necesidad de contar con dos operarios para realizar este proceso debido a que, por tratarse de un área industrial alejada del centro de operaciones del relleno sanitario, cualquier contingencia requerirá la activación del Plan de Emergencia y del Rol de Llamadas.

### 6.2.7. *Localización*

El nuevo lavadero será montado próximo al taller de mantenimiento de máquinas de gran porte. Esto es así debido a las siguientes razones técnico económicas:

- El suministro de agua de uso industrial será realizado por una planta de tratamiento de lixiviados que genera diariamente 600 m<sup>3</sup> de agua (no potable) ubicada a 100 metros.
- Los residuos líquidos libres de hidrocarburos generados en el proceso de lavado se verterán en las piletas de ecualización de la planta citada en el punto anterior, dando

lugar a un sistema cerrado y sustentable del uso de este recurso. Estas piletas están situadas detrás del lavadero.

- Existe una red de energía eléctrica montada frente al predio a ocupar por el lavadero, que es la misma que abastece al taller de mantenimiento.
- El taller de mantenimiento se encuentra a menos de 100 metros de la ubicación propuesta. De este modo, será posible que los equipos de gran porte transiten por los caminos consolidados sin necesidad de ser trasladados mediante un carretón.
- Existe la posibilidad de establecer una conexión de datos con la infraestructura de telecomunicaciones montada cerca de esta ubicación.

### 6.2.8. *Diseño*

#### 6.2.8.1. Diagrama simplificado del proceso

El proceso de lavado inicia en los tanques V1 y V2 (Figura 19) de agua de uso industrial, que son abastecidos por el agua proveniente de la planta de tratamiento de lixiviados. Para su llenado se utiliza una bomba centrífuga P1.

Desde los tanques interconectados (interconexión que se elimina cuando se realizan tareas de mantenimiento de ellos) V1 y V2 se abastece el sistema de cabezales de alta presión R1 y R2 y las lanzas manuales de lavado E1 y E2. Las bombas P2 y P3 proporcionan el caudal y presión necesarios para el trabajo de las bombas de alta presión P4 y P5, para efectuar el proceso de lavado. P4 es la bomba principal de lavado y P5 es la bomba auxiliar.

Una vez iniciado el proceso de lavado tanto los sólidos como los líquidos que resultantes, son colectados por una canaleta situada en el centro del área de lavado y por sistema de cañerías hasta la fosa de bombeo con reja de retención de sólidos. Una rejilla que cubre la canaleta evita que sólidos con tamaño mayor a 2 cm de lado caigan en ella. En la fosa, quedan retenidos en una rejilla sólidos de tamaño mayor a 1,5 cm<sup>2</sup>. Los sólidos de menor tamaño y los líquidos son bombeados por la bomba sumergible P6 hacia el separador de sólidos S1 con tornillo extractor.

En S1, los sólidos son transportados mediante el tornillo extractor al contenedor colector de sólidos C1, en tanto que los líquidos son dirigidos por rebalse al separador de flotantes S2

en donde, por un sistema de placas, se separa el agua contaminada con hidrocarburos del agua apta para su reproceso en el sistema de tratamiento de lixiviados.

En el contenedor recolector de sólidos, el agua existente en la materia sólida depositada decanta hacia la sección inferior del mismo, siendo bombeada por P7 a través de cañerías que conectan con la fosa de bombeo con reja de retención de sólidos.

Respecto al agua con hidrocarburos, ésta es colocada en barriles y colectada periódicamente por terceros contratados para su proceso de tratamiento y disposición final. El agua apta para ser reutilizada es dirigida en cañerías por bombeo (P8) hacia las piletas de tratamiento de lixiviados (L1).

Los sólidos almacenados en el contenedor C1 son descargados en las celdas de descarga del complejo ambiental.

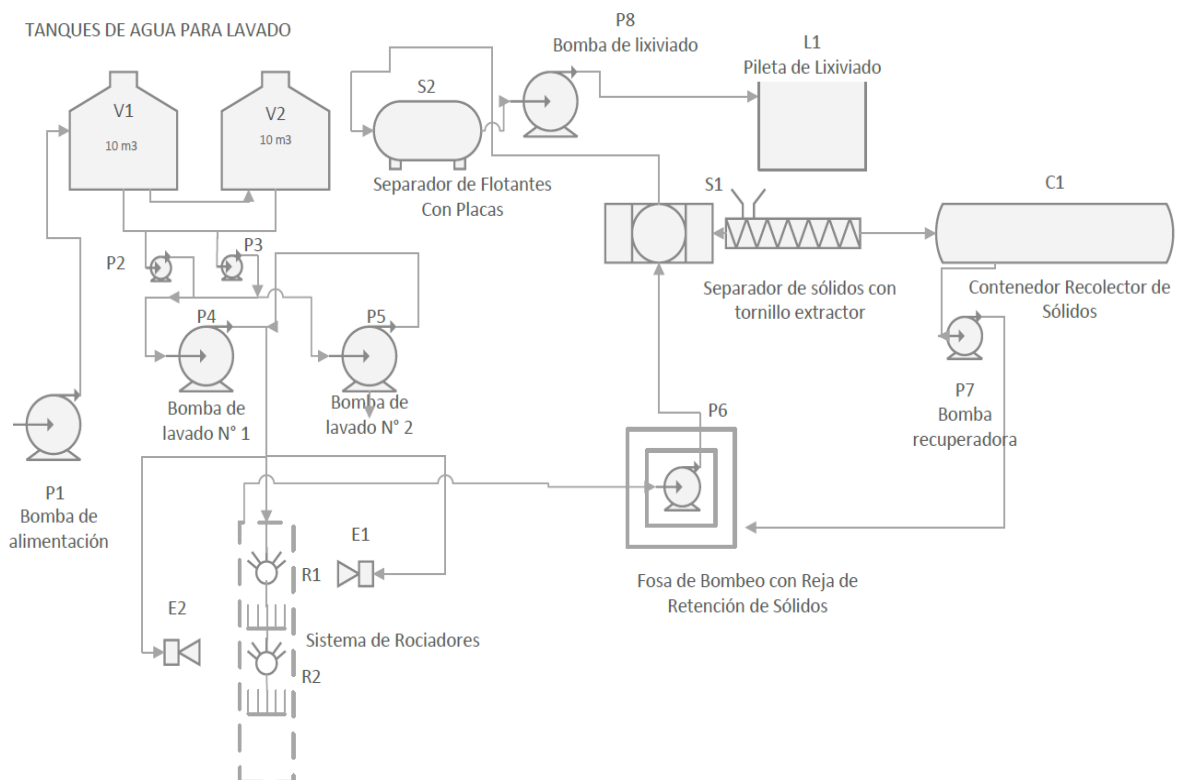


Figura 19: Diagrama simplificado del proceso de lavado



## 6.2.8.2. Aspectos constructivos

La superficie que abarcará todo el lavadero consiste en tres zonas principales bien diferenciadas (Figura 20): el área de lavado; el área de bombas y tratamiento de aguas residuales y el área del playón de acceso.

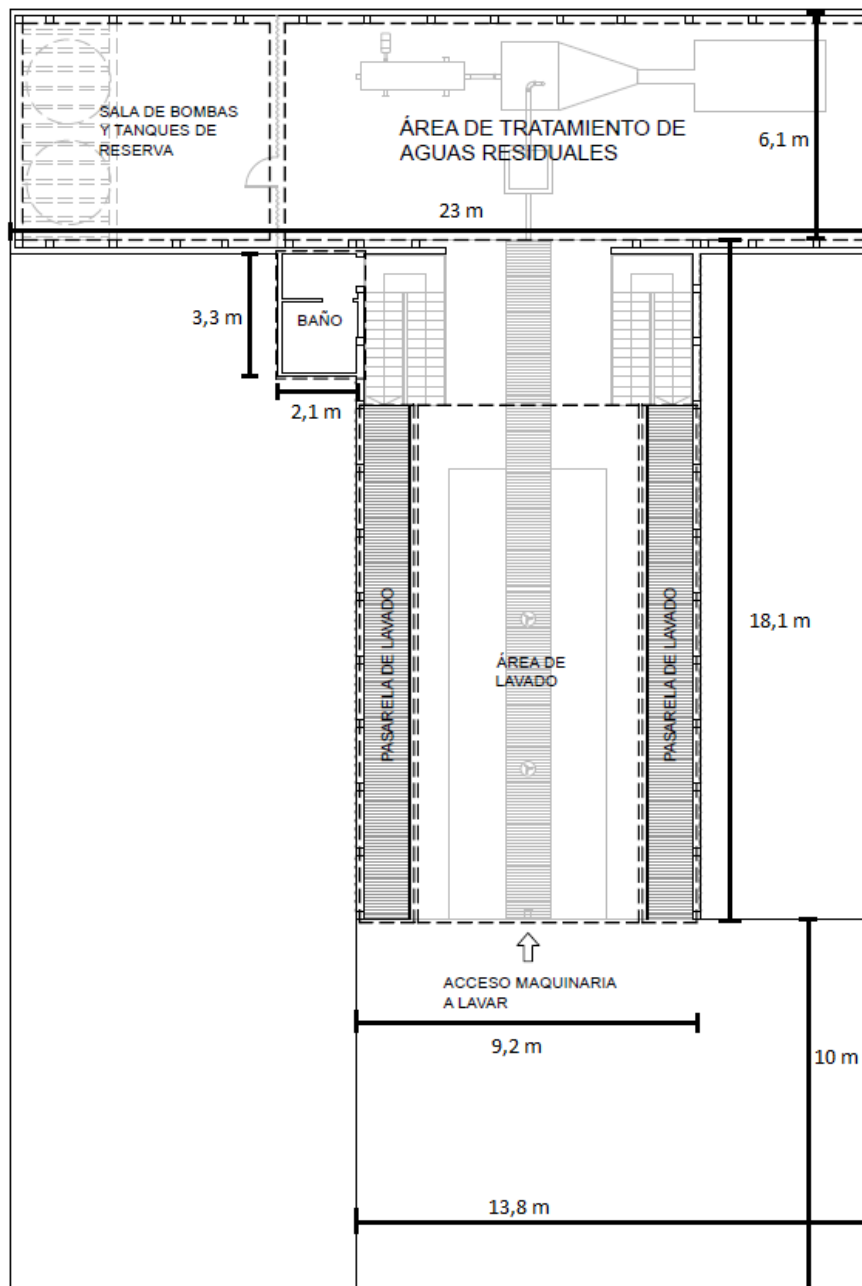


Figura 20: Lay out – Nuevo lavadero

### 6.2.8.2.1. Área de lavado

El área de lavado estará formada por un tinglado de estructura metálica de 18,1 m de largo por 9,2 m de ancho y un techo a dos aguas de chapa con una pendiente de 15% y una altura máxima de 9,5 m. En cuanto a sus paredes, contará con una cara abierta al frente para el ingreso de los vehículos, dos paredes de chapa acanalada a los lados y una pared de bloques de hormigón de 20 cm con un área libre de 3,1 m de alto por 4,4 m de ancho para la libre circulación entre el área de lavado y la de máquinas. El tinglado tendrá una pasarela de 4,8 m de alto a cada lado con el fin de facilitar la limpieza de la parte superior de las máquinas de gran porte, a las cuales se tendrá acceso mediante unas escaleras ubicadas al fondo del sector.

El suelo será de hormigón H30 con un espesor de 30 cm, con una canaleta de desagüe con rejilla en el medio de 1,2 m de ancho ubicada a lo largo de toda el área de lavado con una pendiente del 3% y una profundidad inicial de 20 cm. Al comienzo de la canaleta se ubicará una cañería de empuje de residuos sólidos de 16 cm de diámetro y separados a 4 m entre sí y del comienzo de la canaleta de desagüe, se ubicarán dos monitores o cabezales giratorios, todos estos alimentados por las bombas de alta presión. A cada lado de las canaletas se ubicarán placas de acero aleado, donde se situarán los vehículos a ser lavados, de 12,7 cm de espesor, 1,5 m de ancho y 12 m de largo, debido a que será necesario proteger el suelo ya que algunas de las máquinas que ingresarán al lavadero poseen tracción tipo “oruga”.

Las dimensiones del área de lavado surgen de las medidas máximas de los equipos a ser lavados, estas son, altura (4,77 m), ancho (4,5 m), largo (10,1 m). Para las dimensiones de la canaleta de desagüe y las placas de acero, se tuvieron en cuenta los anchos máximos y mínimos entre ruedas, teniendo un mínimo de 1,36 m y un máximo de 1,75 m (ver Tabla I).

A cada lado del área de lavado existirán dos lanzas manuales de agua, una en planta baja y otra a la altura de las pasarelas, además de contar con dos pistolas de aire comprimido, una por lado, en la planta baja.

En una de las esquinas del tinglado se ubica el baño a modo de anexo, este contará con un lavabo, un inodoro y una ducha para utilización de los operarios.

El sector será iluminado por 18 lámparas led tipo galponera de 150 watts de potencia (Figura 22) cubiertas por campanas de policarbonato (ver anexo 10.4 – Cálculos de iluminación). Estas se ubicarán en 6 filas de 3 lámparas (Figura 21).

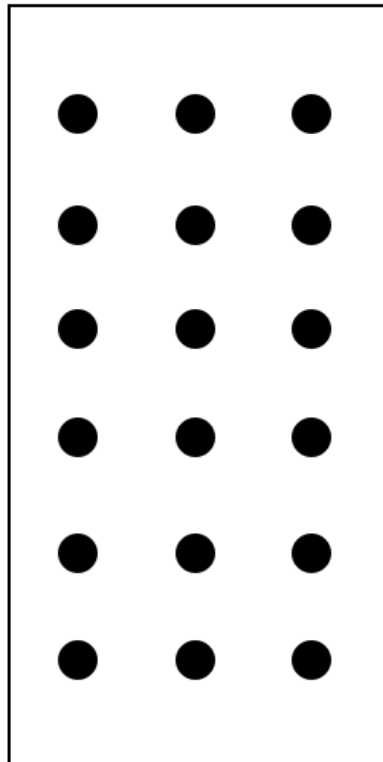


Figura 21: Distribución lámparas área de lavado



Figura 22: Luminarias del lavadero Fuente: <https://www.mercadolibre.com.ar/>

### 6.2.8.2.2. Área de bombas y tratamiento de aguas residuales

Se ubicará contigua a la parte posterior del área de lavado en forma de “T”, contará con unos 23 m de ancho por 6,1 m de largo, paredes de bloques de hormigón de 20 cm y una cara abierta a uno de sus costados para poder retirar el contenedor de residuos sólidos. El suelo es de hormigón H30 de 30 cm de espesor, el techo es de chapa a un agua con una altura de 7,7 m en su punto más elevado y una pendiente de 1,7%.

En este sector se situarán, por un lado, la maquinaria pertinente a la recolección y tratamiento de los efluentes que se originarán en el lavado, y por el otro, los equipos necesarios para la operación. Estos últimos son, las bombas de alta presión, las bombas centrífugas a la entrada y a la salida de los tanques de reserva de agua, el compresor de aire y los tanques propiamente dichos. Los tanques de agua se montarán sobre una estructura de vigas de metal a unos 3 m del suelo. La sala de bombas estará cerrada por un cerco de tejido artístico galvanizado de 3 m de alto para seguridad de los equipos. La maquinaria correspondiente al tratado residuos incluirá una fosa de bombeo con reja de retención de sólidos, un separador de sólidos con tornillo extractor, un contenedor recolector de sólidos, un separador de flotantes y una bomba a la salida de este último que transporta los líquidos lixiviados para su posterior tratamiento.

El sector se iluminará por 12 lámparas led tipo galponera de 150 watts de potencia cubiertas por campanas de policarbonato (ver anexo 10.4). Estas se ubicarán en 2 filas de 6 lámparas (Figura 23).

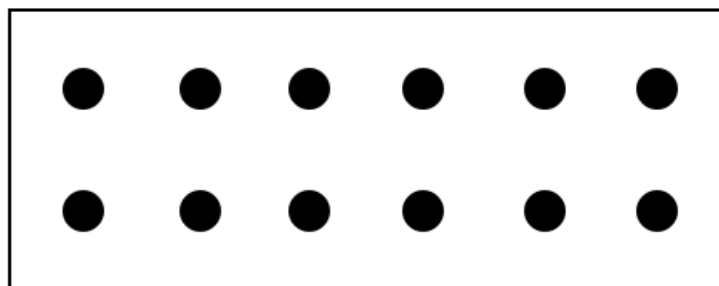


Figura 23: Distribución lámparas área bombas y tratamiento de aguas residuales

### 6.2.8.2.3. Área de playón de acceso

Consistirá en un área de 10 m por 13,8 m de hormigón H30 de 30 cm de espesor a la entrada del lavadero para proporcionar un fácil acceso a los vehículos a ser tratados.

### 6.2.9. *Tecnología*

#### 6.2.9.1. Cabezal giratorio para lavado a presión

Se dispondrán dos cabezales giratorios modelo OMZ Series TW (Figura 24). Estos equipos servirán para la limpieza profunda de la parte inferior de las máquinas de gran porte.

Estos cabezales trabajan mediante la energía aportada por el agua a presión que sale de sus boquillas.

Los parámetros de diseño para su operación son:

- Caudal: 20 litros por minuto
- Presión: 40 a 300 bares
- Agua fría y caliente



Figura 24: Cabezal giratorio OMZ Series TW.

Fuente: <https://www.omzsril.it/en/products/rotating-heads/>

### 6.2.9.2. Lanzas manuales

Son pistolas de agua con chorro a presión (Figura 25), lo que permite lavar los equipos de gran porte en sus superficies laterales y lugares específicos. El lavadero estará equipado con cuatro lanzas, dos en el nivel de las pasarelas, a cuatro m de altura, y dos en la planta baja. Cada una de ellas opera a 20 litros por minuto y 126 bares (1800 PSI).



Figura 25: Lanza manual Kärcher. Fuente: <https://www.kaercher.com/ar/>

### 6.2.9.3. Electrobombas para lavado

De acuerdo con las especificaciones detalladas en el anexo 10.2 – “Elección de bombas para la instalación” se requiere de 2 bombas (1 en servicio y otra de respaldo) Marca Hawk (Figura 26), modelo GXT8020SL de 80 l/min de caudal, 200 bar, 1000 rpm, 30,2 kW, equipadas con motores WEG W22 Carcasa de Hierro Gris - NEMA High Efficiency (Figura 27). (P4 y P5 en P&ID).



Figura 26: Electrobomba Hawk GXT8020SL.

Fuente: <https://www.hawkpumps.com/es/>



Figura 27: Motores eléctricos WEG W22. Fuente: <https://www.weg.net/>

### **6.2.9.3.1. Electrobomba de alimentación de tanques**

Los tanques de agua que alimentarán el lavadero se situarán 3 m de altura, por lo que se necesitará de una bomba para subir el agua. A su vez, los tanques contarán con casi 3 m de altura, es por ello que se necesitará de una bomba de más de 6 m de columna de agua. La electrobomba elegida para alimentar los tanques de reserva es la Czerweny EB 50-32-125-5 (Figura 28) de 0.75 HP, 14 metros de altura máxima y 220 litros por minuto. (P1 en P&ID). De acuerdo con los tanques de reserva instalados, capaces de almacenar 20m<sup>3</sup> en total, esta bomba será capaz de llenar ambos tanques en, aproximadamente, 90 minutos.



Figura 28: Electrobomba Czerweny EB 50-32-125-5. Fuente: <https://czerweny.ar/>

### 6.2.9.3.2. Electrobombas booster de línea

Según el manual de uso e instalación de las bombas de lavado de alta presión (ver 6.2.9.3), éstas requieren de una presión en la aspiración de 3 bares. Por este motivo, se seleccionan dos bombas Czerweny (Figura 29) modelo EB-32-25-200-3 de 3.5 HP (P2 y P3 en P&ID), caudal máximo de 280 Litros por minuto y 40 m de altura para lograr cumplir con los requerimientos de las bombas core. Estas características superan la demanda de las bombas de lavado (80 litros por minuto y 3 bares en la aspiración).



Figura 29: Electrobomba Czerweny EB-32-25-200-3. Fuente: <https://czerweny.ar/>

### 6.2.9.3.3. Electrobomba de fosa de bombeo con reja de retención de sólidos

Para elevar los efluentes que no sean atrapados por la reja de retención de sólidos hacia el separador por tornillo, se seleccionó una bomba sumergible de aguas residuales Grundfos UNILIFT AP12.40.04.3 (Figura 30) de 800W, 9.5 m de altura, caudal máximo de 230 litros por minuto que permite el paso de partículas de hasta 12 mm de diámetro (P6 en P&ID).





Figura 30: Electrobomba Grundfos UNILIFT AP12.40.04.3.

Fuente: <https://www.grundfos.com/ar>

#### **6.2.9.3.4. Electrobomba recuperadora**

Para enviar el remanente de líquido en el contenedor hacia la fosa de bombeo será necesario contar con una bomba. Esto se debe a que este remanente contiene barros que necesitarán ser empujados por la bomba para su circulación. Para esta labor se selecciona una bomba con impulsor abierto marca Czerweny modelo DSP 550 PD (Figura 31) de 0.75HP, 166 litros por minuto y 0,75 bar. Teniendo en cuenta que el contenedor colector de residuos sólidos generará alrededor de 110 litros de agua sucia por día, que deben ser transportados a nivel hasta una distancia de 10 metros esta bomba cumplirá con los requerimientos de la instalación.



Figura 31: Electrobomba Czerweny modelo DSP 550 PD. Fuente: <https://czerweny.ar/>

#### 6.2.9.3.5. Electrobomba de lixiviados

Bomba colocada a la salida del separador de flotantes para enviar los efluentes libres de sólidos e hidrocarburos para su tratamiento en la planta de lixiviados (P8 en P&ID). En este caso, teniendo en cuenta que el destino de los líquidos se encuentra a una distancia de 100 m, se selecciona una bomba idéntica a la propuesta en 6.2.9.3.1 (bomba de alimentación).

#### 6.2.9.4. Tanque de reserva

Según el análisis realizado, se estima que, durante el proceso de lavado, aproximadamente, el consumo de agua será de 1.650 litros por lavado. Teniendo en cuenta que la frecuencia de lavados definida es de 2,16 lavados por día, el consumo diario de agua de la instalación rondará los 3.531 litros/día o 3,531 m<sup>3</sup>/día. Para asegurar la provisión de agua al proceso, se dotará al lavadero con una reserva de agua de 20.000 litros, lo que garantizará al menos 5 días de operación en caso de fallas en la producción de agua de uso industrial.



Figura 32: Tanque estándar 10.000 litros. Fuente: <https://www.mercadolibre.com.ar/>.

NOTA: Las marcas indicadas son a modo orientativo, se respetarán dependiendo del stock en plaza, de lo contrario se utilizarán marcas similares en calidad.

#### 6.2.9.5. Tablero General de Baja Tensión

##### 6.2.9.5.1. Interruptor principal

El tablero de la nave estará compuesto por un interruptor principal automático Schneider de 4 polos (Figura 33) con una corriente nominal de hasta 160 ampere, ya que la corriente nominal del lavadero será de unos 125A. (Ver anexo 10.5 planillas de cargas eléctricas).



Figura 33: Interruptor automático Schneider Compact NSX 4x160 A

Fuente: <https://www.se.com/>

La red se dividirá en dos grupos principales, el primero formado por las bombas dedicadas exclusivamente a la operación de lavado (bombas de alta presión y bombas booster de línea) y el segundo por el resto de la maquinaria necesaria para el funcionamiento completo de la instalación, como son las distintas bombas, el compresor, el separador de sólidos y la iluminación y los tomacorrientes. Este esquema se puede observar en el siguiente diagrama unifilar (Figura 34):

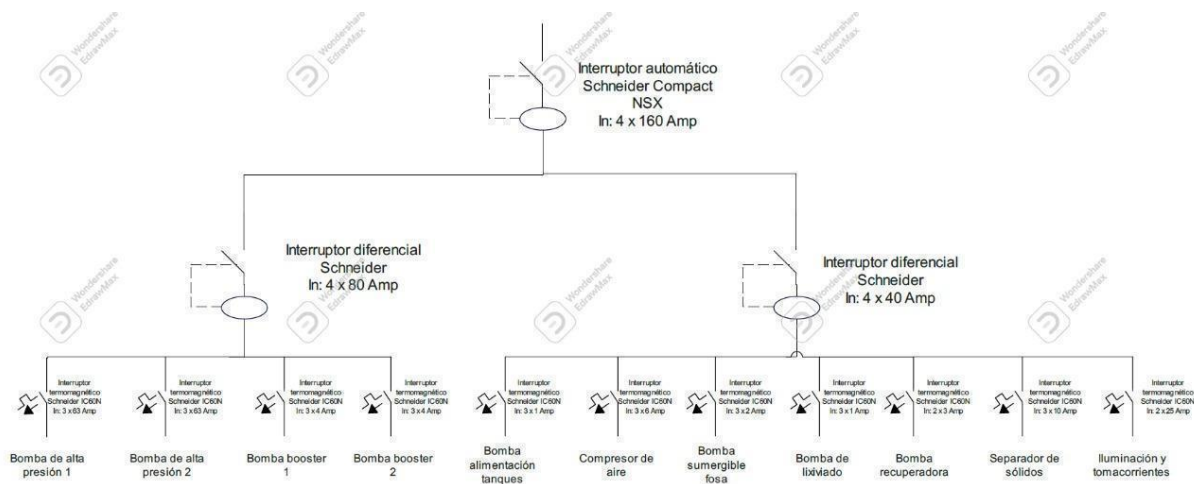


Figura 34: Diagrama unifilar instalación eléctrica

### 6.2.9.5.2. Interruptores diferenciales

Para el primer grupo se seleccionó un interruptor diferencial Schneider de 4 polos (Figura 35) y una corriente nominal de hasta 80 A. Mientras que para el segundo grupo se utiliza un interruptor de 4 polos de hasta 40 A.



Figura 35: Interruptor diferencial Schneider de 4 polos. Fuente: <https://www.se.com/>

### 6.2.9.5.3. Interruptores termomagnéticos

Esta es la selección de interruptores termomagnéticos para cada circuito:

**Bomba de alta presión 1:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x63A curva C (Figura 37).

**Bomba de alta presión 2:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x63A curva C.

**Bomba booster de línea 1:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x4A curva C.

**Bomba booster de línea 2:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x4A curva C.

**Bomba de alimentación tanques:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x1A curva C.

**Compresor de aire:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x6A curva C.

**Bomba sumergible fosa:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x2A curva C.

**Bomba de lixiviado:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x1A curva C.

**Bomba recuperadora:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 2x3A curva C (Figura 36).

**Separador de sólidos:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 3x10A curva C.

**Iluminación y tomacorrientes:** interruptor termomagnético Schneider IC60N 2x25A curva C.



Figura 36: Interruptor termomagnético Schneider de dos polos.

Fuente: <https://www.se.com/>



Figura 37: Interruptor termomagnético Schneider de 3 polos.

Fuente: <https://www.se.com/>

#### 6.2.9.6. Pistolas de aire comprimido

Se utilizarán pistolas de aire comprimido modelo BGS 6772 (Figura 38) que son óptimas para las tareas de limpieza de compartimentos de motores, lugares de difícil acceso y cabinas de equipos de grande porte. Estas poseen una presión de funcionamiento de 5 a 8 bar, una conexión de aire comprimido de 1/4" y un consumo de aire de 168 l/min.



Figura 38: Pistola de aire comprimido modelo BGS 6772.

Fuente: <https://www.bgstechnic.com/>

### 6.2.9.7. Compresor de aire

La selección del compresor del aire comprimido está asociada a los consumos de las pistolas de aire comprimido. De acuerdo con los cálculos presentados en el anexo 11.3 – “Cálculo determinación del compresor de aire” se selecciona un compresor Sullair ES-6 5HH (Figura 39) capaz de proporcionar 0,49 m<sup>3</sup>/min y hasta 10 kg/cm<sup>2</sup> dados los requerimientos de los terminales.



Figura 39: Compresor Sullair ES-6 5HH.

Fuente: <https://www.sullairargentina.com>

### 6.2.9.8. Separador de sólidos a tornillo

El equipo separador de sólidos (Figura 40) cuenta con una capacidad al menos 2,85m<sup>3</sup> para tratar los residuos provenientes de la fosa, separar los líquidos de los sólidos por decantación y depositar estos últimos en el contenedor de residuos sólidos, mediante el tornillo transportador.





Figura 40: Separador de sólidos a tornillo.

Fuente: <https://wamgroup.cl/es-ES/>

#### 6.2.9.9. Separador de hidrocarburos de placas flotantes

Los separadores de hidrocarburos de placas flotantes OWS (Figura 41) permiten obtener efluentes con menos de 10 mg/l de gotas mayores a 20 micrones. Su funcionamiento se basa en separar el agua de los hidrocarburos por medio de placas coalescedoras inclinadas dispuestas de tal manera de inducir a las gotas de hidrocarburos a adherirse a ellas. Luego, estos últimos se almacenan de manera temporal en una cámara de aceite. Las placas inclinadas también facilitan la decantación de sólidos sin obturar los canales de circulación de líquido. Una cámara de lodos permite almacenar a los sólidos decantados lejos de la corriente líquida de manera de no interferir en el proceso de separación. Por último, el aceite separado y el agua clarificada son descargados por gravedad.

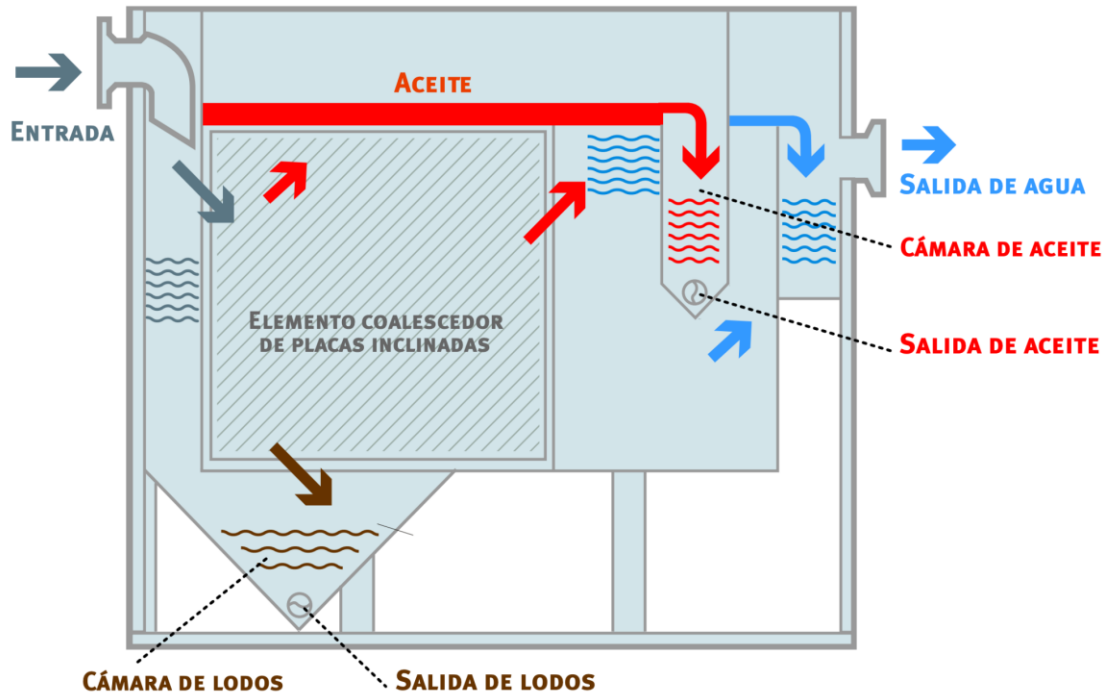


Figura 41: Separador de hidrocarburos de placas flotantes

Fuente: <http://novarsa.com/esp/>

6.2.9.10. Contenedor de residuos sólidos

El contenedor final de residuos tendrá la función de almacenar todos los residuos sólidos hasta ser retirados para su disposición en el relleno sanitario. Se selecciona una caja tipo roll off de 20m<sup>3</sup> (Figura 42) .La frecuencia de vaciado en la playa de descarga estará dada por la cantidad de residuos sólidos colectados por el sistema y por los operarios del lavadero (0,57 m<sup>3</sup> y 1 m<sup>3</sup> diarios), por lo que rondará, aproximadamente, en un retiro del contenedor cada 2 semanas.



Figura 42: Contenedor de residuos sólidos.

Fuente: <https://vehiculo.mercadolibre.com.ar/>

#### *6.2.10. Mantenimiento preventivo del lavadero*

Trataresiduos S.A cuenta con un área de mantenimiento que será la encargada de realizar tareas preventivas y correctivas para asegurar la disponibilidad de todo el equipamiento del lavadero de equipos de gran porte. La política de mantenimiento estará basada en el ciclo PDCA (Plan - Do - Check - Act), cuya estrategia para cada equipo consistirá en la criticidad del mismo dentro del proceso y sus modos de falla asociados.

## 7. Estudio económico

En esta sección del documento se analizarán las inversiones y los costos operativos de la propuesta del nuevo lavadero de equipos de gran porte. También se analizarán aquellas relacionadas con las operaciones actuales. Para ello, se tendrán en cuenta todos los aspectos técnicos determinados en el capítulo 5 para brindar un valor económico a la solución.

### 7.1. Propuesta de nuevo lavadero de equipos de gran porte

#### 7.1.1. Inversión

##### 7.1.1.1. Local lavadero

De acuerdo con lo determinado en el capítulo 5, el galpón lavadero tendrá una extensión de 307,19 m<sup>2</sup> cubiertos y 138,10 m<sup>2</sup> descubiertos. De acuerdo con un informe del Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo (CPAU) y modificaciones realizadas por los autores del presente documento, el costo total del galpón será de USD 181.269,16. El detalle de montos e inversiones se puede apreciar en la tabla VI. La ejecución de estos fondos se realizará durante el 2022, en un proyecto que será llave en mano.

Tabla VI: Inversión destinada al local lavadero.

| <b>Inversión en local lavadero</b>           |                              |                                 |                |
|--|------------------------------|---------------------------------|----------------|
| <b>Concepto</b>                              | <b>importe/m<sup>2</sup></b> | <b>m<sup>2</sup> propuestos</b> | <b>importe</b> |
| Trabajos preliminares                        | USD 22,67                    | 445,29                          | USD 10.096,34  |
| Excavaciones                                 | USD 25,71                    | 445,29                          | USD 11.449,47  |
| Mampostería                                  | USD 97,44                    | 307,19                          | USD 29.932,98  |
| Hormigón armado                              | USD 56,35                    | 445,29                          | USD 25.093,37  |
| Aislaciones                                  | USD 16,70                    | 307,19                          | USD 5.131,49   |
| Revoques                                     | USD 1,31                     | 307,19                          | USD 401,85     |
| Escaleras                                    | USD 2,97                     | 307,19                          | USD 912,47     |
| Zócalos y solías                             | USD 3,35                     | 445,29                          | USD 1.493,50   |
| Carpintería                                  | USD 35,46                    | 307,19                          | USD 10.893,32  |
| Instalación sanitaria                        | USD 45,52                    | 307,19                          | USD 13.983,82  |
| Instalación eléctrica                        | USD 23,33                    | 445,29                          | USD 10.387,49  |
| Pinturas                                     | USD 46,35                    | 307,19                          | USD 14.237,91  |
| Cristales                                    | USD 10,26                    | 307,19                          | USD 3.150,23   |
| Varios                                       | USD 4,13                     | 445,29                          | USD 1.838,54   |
| Ayuda de grem.                               | USD 15,73                    | 445,29                          | USD 7.005,96   |
| Gastos de obra                               | USD 17,75                    | 445,29                          | USD 7.905,74   |
| Beneficio                                    | USD 59,58                    | 445,29                          | USD 26.530,96  |
| <b>Tablero eléctrico</b>                     |                              |                                 | USD 112,31     |
| <b>Protecciones de instalación eléctrica</b> |                              |                                 | USD 711,42     |
|  |                              | <b>TOTAL</b>                    | USD 181.269,16 |

### 7.1.1.2. Equipos electromecánicos

El equipamiento del lavadero alcanza la suma de USD 73.340,91. Para asegurar que los equipos estén a tiempo una vez terminada la construcción del local lavadero, estos se comprarán durante el inicio de los trabajos de construcción (tabla VII). Al cabo de 5 años se realizará la renovación debido al desgaste de los equipos.

Tabla VII: Inversiones destinadas a equipos mecánicos

| Inversiones en equipos mecánicos                         |          |                |               |
|--|----------|----------------|---------------|
| Artículo   | Cantidad | Valor unitario | Total         |
| Cabezales giratorios                                     | 2        | USD 1.500,00   | USD 3.000,00  |
| Lanzas Kärcher   | 4        | USD 77,43      | USD 309,73    |
| Bomba de alimentación                                    | 2        | USD 406,53     | USD 813,05    |
| Tanques de reserva (10000 litros)                        | 2        | USD 2.948,79   | USD 5.897,58  |
| Bomba booster de línea                                   | 2        | USD 573,14     | USD 1.146,29  |
| Bomba para fosa de bombeo con reja de retención          | 1        | USD 700,00     | USD 700,00    |
| Bombas de Lavado   | 2        | USD 3.775,87   | USD 7.551,74  |
| Separador de sólidos                                     | 1        | USD 12.800,00  | USD 12.800,00 |
| Separador de flotantes con placa                         | 1        | USD 18.300,00  | USD 18.300,00 |
| Bomba de lixiviados                                      | 1        | USD 406,53     | USD 406,53    |
| Contenedor-recolector de residuos                        | 1        | USD 6.466,67   | USD 6.466,67  |
| Bomba de recirculación Contenedor-recolector de residuos | 1        | USD 117,96     | USD 117,96    |
| Compresor  | 1        | USD 8.509,19   | USD 8.509,19  |
| Pistolas de aire comprimido                              | 2        | USD 13,47      | USD 26,95     |
| Pulmón para compresor                                    | 1        | USD 7.295,23   | USD 7.295,23  |
|  |          | Total          | USD 73.340,91 |

### 7.1.1.3. Iluminación

El galpón contará con 30 luminarias industriales que se renovarán cada 2 años por una suma de USD 2.780,97 en cada período (tabla VIII).

Tabla VIII: Inversiones destinadas a iluminación

| Inversiones en Iluminación    |          |                |              |
|-------------------------------|----------|----------------|--------------|
| Artículo                      | Cantidad | Valor unitario | Total        |
| Lampara galponera con campana | 30       | USD 92,70      | USD 2.780,97 |

## 7.1.2. Costos operativos del proyecto

### 7.1.2.1. Costos variables

Los costos variables de operación del lavadero de máquinas de gran porte (tabla IX) incluyen:

- Material consumible: consta de detergente, trapos, cepillos y barretas.
- El servicio de recolección y disposición final de residuos peligrosos (agua con hidrocarburos).

Trataresiduos S.A. no incurrirá en gastos debido al pago de servicios de electricidad y agua industrial. Los costos de la energía son pagados por el cliente al cual Trataresiduos S.A. presta el servicio de tratamiento y disposición final de residuos. No se incurrirá en costos de utilización de agua industrial dado que en el proceso de disposición y tratamiento de los residuos se generan los volúmenes necesarios para las diferentes aplicaciones del relleno.

Tabla IX: Costos variables del proyecto de nuevo lavadero

| Costos variables de operación del proyecto de nuevo lavadero    |                  |                     |
|---|------------------|---------------------|
| Concepto  | Costo / lavado   | Costo total anual   |
| Detergente  | USD 6,81         | USD 4.601,77        |
| Bolsas de trapos  | USD 0,05         | USD 37,18           |
| Cepillos  | USD 0,14         | USD 96,06           |
| Barretas  | USD 0,04         | USD 24,48           |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos | USD 6,39         | USD 4.322,89        |
| <b>Total</b>  | <b>USD 13,44</b> | <b>USD 9.082,38</b> |

### 7.1.2.2. Costos fijos

Los costos fijos del nuevo lavadero incluyen:

- El pago de salarios a los dos operarios del lavadero.
- Los costos de mantenimiento anuales de los equipos e iluminación se proyectan como al 5% del valor de los activos al momento de la compra.
- Se estiman costos de mantenimiento anual del edificio del 3% del capital invertido en ese rubro.

En la tabla X se detalla el costo total anual de la mano de obra y del mantenimiento de la infraestructura.

Tabla X: Costos fijos del proyecto de nuevo lavadero

| Costos fijos del proyecto de nuevo lavadero |                      |
|---|----------------------|
| Concepto                                    | Costo total anual    |
| Mano de Obra                                | USD 49.920,00        |
| Mantenimiento de la infraestructura         | USD 9.244,17         |
| <b>Total</b>                                | <b>USD 59.164,17</b> |

7.1.3. *Ahorros estimados del proyecto de nuevo lavadero*

De acuerdo con lo determinado en el punto 6.2.2.1., una vez implantado el nuevo lavadero de máquinas de gran porte, se esperan ahorros por reducción de mantenimientos correctivos en un 4% de la partida anual destinada para tal fin. Siendo el presupuesto de USD 1.536.360, lo que totaliza un ahorro anual de USD 61.454,42.

7.2. *Inversiones y costos de las operaciones actuales*

7.2.1. *Inversiones*

En el caso de mantener las operaciones actuales, las inversiones (tabla XI) se limitarán a la compra de 2 hidrolavadoras durante los 10 años de vida del proyecto, una durante el período inicial y otra en 2027, respectivamente.

Tabla XI: Inversiones

| Inversiones del proceso de lavado actual |          |                |              |
|--|----------|----------------|--------------|
| Artículo                                 | Cantidad | Valor unitario | Total        |
| Hidrolavadora                            | 1        | USD 1.815,00   | USD 1.815,00 |

El valor del equipo sólo será considerado a los fines de determinar los costos de mantenimiento de la infraestructura.

7.2.2. *Costos operativos de las operaciones actuales*

7.2.2.1. Costos variables

Los costos variables de las operaciones actuales incluyen las mismas partidas que las que se incurrirían para el caso del nuevo lavadero. En la Tabla XII se detalla el costo variable por lavado y los costos totales anuales.

Tabla XII: Costos variables de las operaciones actuales

| Costos variables de las operaciones actuales                    |                  |                      |
|---|------------------|----------------------|
| Concepto  | Costo / lavado   | Costo total anual    |
| Detergente  | USD 3,78         | USD 2.552,76         |
| Bolsas de trapos  | USD 0,05         | USD 37,18            |
| Cepillos  | USD 0,14         | USD 96,06            |
| Barretas  | USD 0,04         | USD 24,48            |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos | USD 28,89        | USD 19.528,68        |
| <b>Total</b>  | <b>USD 32,90</b> | <b>USD 22.239,15</b> |

Existen algunos cambios en los costos variables del proyecto propuesto y el lavadero actual. Por una parte, existe una disminución en el uso del detergente, cuyo costo está proyectado de acuerdo con una aproximación de las partidas ejecutadas en 2021 por Trataresiduos S.A. Por otra parte, se detecta que los costos del servicio de recolección y disposición final de residuos incrementa respecto al proyecto de nuevo lavadero. Este aumento se debe a que, por no contar con infraestructura eficiente para la separación y tratamiento de los residuos generados, se incurre en mayores costos en el servicio tercerizado para su procesamiento.

7.2.2.2. Costos fijos

Los costos fijos del proceso de lavado actual incluyen:

- El pago de salarios a dos operarios.
- Los costos de mantenimiento de las hidrolavadoras serán del 5% del valor de los activos al momento de la compra.

La tabla XIII presenta los costos fijos del proceso de lavado actual. En ella se puede observar una disminución de los costos fijos anuales respecto a los costos fijos de la propuesta de nuevo lavadero. Es importante destacar que los costos de mantenimiento son menores, debido a que la inversión en activos es menor (ver 7.2.1.).

Tabla XIII: Costos fijos de las operaciones actuales

| Costos fijos de las operaciones actuales |                      |
|--|----------------------|
| Concepto                                 | Costo total anual    |
| Mano de Obra                             | USD 49.920,00        |
| Mantenimiento de la infraestructura      | USD 90,75            |
| <b>Total</b>                             | <b>USD 50.010,75</b> |



**7.3. Costos diferenciales de los procesos**

Para hacer posible la evaluación financiera de la instalación de un lavadero de máquinas de gran porte es necesario conocer los costos diferenciales (tanto variables como fijos) de los procesos para proyectarlos a lo largo del tiempo en un único flujo de fondos. Para ello, se realiza una sustracción entre los costos de la propuesta de nuevo lavadero y los costos de las operaciones actuales. Por un lado, se espera un ahorro por reducción de los costos variables impulsado por un proceso de disposición final de residuos más eficiente (tabla XIV). La suma alcanza USD 19,46 por lavado y USD 13.156,77 anualmente. En lo que respecta al uso de bolsas de trapos, cepillos y barretas, su consumo no presenta variaciones significativas entre los costos proyectados. Por otro lado, los costos fijos incrementarán debido a un mayor esfuerzo en el mantenimiento de una infraestructura más robusta (tabla XV). El incremento de costos fijos proyectados para un período anual alcanza los USD 9.154,42. En cuanto a la mano de obra, no se observan variaciones entre los dos procesos, ya que para ambos se requiere de dos personas 8 horas por día.

Tabla XIV: Diferencial de costos variables

| Diferencial de costos variables                                 |                    |                        |
|---|--------------------|------------------------|
| Concepto  | Costo / lavado     | Costo total anual      |
| Detergente  | USD 3,03           | USD 2.049,01           |
| Bolsas de trapos  | USD 0,00           | USD 0,00               |
| Cepillos  | USD 0,00           | USD 0,00               |
| Barretas  | USD 0,00           | USD 0,00               |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos | (USD 22,49)        | (USD 15.205,79)        |
| <b>Total</b>  | <b>(USD 19,46)</b> | <b>(USD 13.156,77)</b> |

Tabla XV: Diferencial de costos fijos

| Diferencial de costos fijos         |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| Concepto                            | Costo total anual   |
| Mano de Obra                        | USD 0,00            |
| Mantenimiento de la infraestructura | USD 9.153,42        |
| <b>Total</b>                        | <b>USD 9.153,42</b> |

**8. Evaluación financiera**

En esta sección del documento se conformará un flujo de fondos teniendo en cuenta las inversiones necesarias para el proyecto de nuevo lavadero, el diferencial de costos y los ahorros

generados por la solución. Dicho flujo de fondos se descontará según la tasa del costo promedio ponderado del capital o WACC.

### 8.1. *Origen de fondos y Costo del Capital*

El proyecto del lavadero de máquinas de gran porte será financiado en un 50% por capital propio de Trataresiduos S.A. y en otro 50 % por capital de terceros.

La tasa de costo promedio ponderado del capital o WACC, se determina de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$WACC = Ke * \frac{E}{E + D} + Kd \frac{D}{E + D} * (1 - t) \quad (3)$$

Siendo:

Ke: costo del capital propio,

Kd: costo del capital de terceros o costo de la deuda,

E: capital propio invertido,

D: capital de terceros invertido y,

t: tasa de impuesto a las ganancias

El costo del capital propio se define, de forma simplificada, en un valor de 18% anual en dólares. Para definir ese valor se tuvo en cuenta el costo promedio de la deuda corporativa argentina (15%) y la expectativa de los socios (3%). El costo de la deuda es del 15% anual. Dicha tasa corresponde a préstamos de entidades bancarias estatales a las cuales la organización podría tener acceso. La tasa de impuestos a las ganancias a empresas radicadas en Argentina es del 35%.

Teniendo en cuenta la fórmula 3 y los valores de las variables, luego de realizar la operación matemática la WACC resulta en 13,88% (tabla XVI). Dicha tasa será utilizada para descontar el flujo de fondos para los 10 años de vida del proyecto.

Tabla XVI: Determinación de la tasa WACC

| Cálculo de la tasa WACC           |                |
|-----------------------------------|----------------|
| Inversión inicial                 | USD 257.391,07 |
| Capital a financiar (D)           | USD 128.695,54 |
| Capital propio (E)                | USD 128.695,54 |
| Costo del capital propio (ke)     | 18%            |
| Costo de capital de terceros (kd) | 15%            |
| Impuesto a las ganancias (t)      | 35%            |
| <b>WACC</b>                       | <b>13,88%</b>  |

## 8.2. Diagrama de Gantt

En la tabla XVII se detallan las distintas actividades para la puesta a punto del lavadero de máquinas de gran porte propuesto. El cronograma de implementación se presenta utilizando un diagrama de Gantt en el que los tiempos de implementación de cada actividad se presentan en meses de duración, sombreados en color celeste. En este diagrama se observa que desde el inicio del desarrollo conceptual del proyecto hasta el montaje del lavadero y su puesta en marcha transcurrirán 8 meses.

Tabla XVII: Diagrama de Gantt del proyecto

| Diagrama de Gantt de la propuesta de nuevo lavadero |   |         |         |                 |       |         |       |       |      |       |       |        |
|---|---|---------|---------|-----------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|
| Fecha de Inicio del proyecto: 1/1/22                |   |         |         |                 |       |         |       |       |      |       |       |        |
| #   | ACTIVIDAD   | INICIO  | FIN     | DURACIÓN [Días] | ENERO | FEBRERO | MARZO | ABRIL | MAYO | JUNIO | JULIO | AGOSTO |
| 1   | Descripción conceptual del proceso propuesto de lavado de máquinas de gran porte. | 1/1/22  | 8/1/22  | 7               |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 2   | Análisis de los aspectos legales del proceso propuesto                            | 9/1/22  | 16/1/22 | 7               |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3   | Desarrollo de propuesta técnica del lavadero de máquinas de gran porte            | 17/1/22 | 8/8/22  | 203             |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.1.  | Diseño del lavadero   | 17/1/22 | 17/2/22 | 31              |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.2.  | Lista de materiales y equipos necesarios  | 18/2/22 | 20/2/22 | 2               |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.3.  | Compra y recepción de materiales y equipos  | 21/2/22 | 21/6/22 | 120             |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.4.  | Preparación del suelo para el montaje   | 18/2/22 | 5/3/22  | 15              |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.5.  | Montaje del lavadero  | 6/3/22  | 30/7/22 | 146             |       |         |       |       |      |       |       |        |
| 3.6.  | Comisionamiento, capacitación y puesta en marcha                                  | 1/8/22  | 8/8/22  | 7               |       |         |       |       |      |       |       |        |

### 8.3. Flujo de fondos de la propuesta

Teniendo en cuenta las definiciones realizadas en el capítulo 7 se realizó un flujo de fondos (tabla XVIII). Nótese que en el primer año el flujo de fondos es reducido. Esto se debe a que la regularización de las operaciones, una vez puesta en marcha la instalación, se llevará a cabo en el mes de septiembre. Por lo tanto, sólo se tienen en cuenta los últimos cuatro meses del año.

Tabla XVIII: Flujo de fondos de la propuesta de nuevo lavadero

| PERÍODO                                  | MOMENTO 0        | 2022           | 2023           | 2024           | 2025           | 2026           | 2027            | 2028           | 2029           | 2030           | 2031           |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| DIFERENCIAL DE COSTOS VARIABLES          | -                | USD 4.385,59   | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  | USD 13.156,77   | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  | USD 13.156,77  |
| DIFERENCIAL DE COSTOS FIJOS              | -                | (USD 3.051,14) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) |
| AHORRO POR DISMINUCIÓN DE MANTENIMIENTOS | -                | USD 21.819,26  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77   | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  | USD 65.457,77  |
| INVERSIÓN INICIAL                        | (USD 257.391,07) | -              | -              | -              | -              | -              | -               | -              | -              | -              | -              |
| INVERSIÓN EN EQUIPOS MECÁNICOS           | -                | -              | -              | -              | -              | -              | (USD 73.340,91) | -              | -              | -              | -              |
| INVERSIÓN EN ILUMINACIÓN                 | -                | -              | -              | (USD 2.781,00) | -              | (USD 2.781,00) | -               | (USD 2.781,00) | -              | (USD 2.781,00) | -              |
| FLUJO DE FONDOS                          | (USD 257.391,07) | USD 23.153,71  | USD 69.461,12  | USD 66.680,12  | USD 69.461,12  | USD 66.680,12  | (USD 3.879,79)  | USD 66.680,12  | USD 69.461,12  | USD 66.680,12  | USD 69.461,12  |

| PERÍODO                                | MOMENTO 0        | 2022             | 2023             | 2024             | 2025            | 2026            | 2027            | 2028            | 2029            | 2030           | 2031           |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| FLUJO DE FONDOS ACUMULADOS             | (USD 257.391,07) | (USD 234.237,36) | (USD 164.776,24) | (USD 98.096,11)  | (USD 28.634,99) | USD 38.045,13   | USD 34.165,35   | USD 100.845,47  | USD 170.306,59  | USD 236.986,72 | USD 306.447,84 |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS            | (USD 257.391,07) | USD 20.332,56    | USD 53.565,48    | USD 45.155,56    | USD 41.307,44   | USD 34.822,06   | (USD 1.779,25)  | USD 26.853,30   | USD 24.564,88   | USD 20.708,13  | USD 18.943,40  |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS ACUMULADOS | (USD 257.391,07) | (USD 237.058,51) | (USD 183.493,02) | (USD 138.337,46) | (USD 97.030,03) | (USD 62.207,97) | (USD 63.987,22) | (USD 37.133,92) | (USD 12.569,04) | USD 8.139,09   | USD 27.082,49  |

### 8.4. Ratios relevantes

#### 8.4.1. Payback

El payback o período de recupero de la inversión es el momento en el cual los flujos de fondos acumulados generados por el proyecto igualan el monto de la inversión inicial. Para el caso de la propuesta de nuevo lavadero, este momento ocurre durante el año 2026. Para determinar el momento exacto de recupero de la inversión, puede utilizarse la siguiente fórmula:

$$Payback = a + \frac{(I - b)}{Ft} \quad (4)$$

En la tabla XIX se presentan las definiciones de cada variable y el cálculo del payback.

Tabla XIX: Cálculo del período de pago de la inversión

| Cálculo del período de pago de la inversión |  |                |
|---|--|----------------|
| a   | número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial | 4              |
| I   | inversión inicial del proyecto   | USD 257.391,07 |
| b   | suma de los flujos hasta el final del periodo "a"                                | USD 228.756,08 |
| Ft  | valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión                  | USD 66.680,12  |
| PAYBACK                                     |  | 4,43 Años.     |

#### 8.4.2. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto representa la diferencia entre el valor presente del flujo de caja proyectado y el desembolso inicial de la inversión. Para obtener el valor presente, los flujos de fondos generados en cada año del proyecto se descuentan con la tasa WACC calculada en el punto 8.1. de 13,88%. Para el caso de estudio, el VAN es de USD 27.082,49. El hecho de que el VAN sea positivo significa que existirá un beneficio (en cuanto a reducción de erogaciones de la organización) teniendo en cuenta el costo del dinero en el tiempo.

#### 8.4.3. Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o TIR es aquella tasa a la cual el flujo de fondos descontados es igual a la inversión realizada al inicio del proyecto. Dicho de otro modo, es la tasa de descuento a la cual el VAN es 0. Una TIR por encima de la WACC indica que el proyecto es capaz de generar flujos de fondos positivos teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo mientras que una TIR por debajo de la WACC indica que el proyecto no es rentable. Para el caso de Trataresiduos S.A. la TIR es de 16,12%, valor que se encuentra por encima de la WACC determinada en 13,88%.

### 8.5. Análisis de sensibilidad de las principales variables de importancia

#### 8.5.1. Variación del parque de equipos

Para efectuar el análisis de sensibilidad se ha elegido la variable más relevante del proyecto, siendo ésta la cantidad de lavados realizados a las máquinas de gran porte que operan en el relleno sanitario. La cantidad de lavados puede variar debido un cambio en la demanda de lavados a igual cantidad de máquinas o por una variación del parque de equipos de gran porte (sea incremento o disminución). A los fines del presente trabajo se avanzará con la segunda hipótesis.

En un escenario base la cantidad de lavados es 676, pero si esa cantidad es modificada, entonces el flujo de fondos se verá impactado. Una variación en la cantidad de lavados repercutirá en: la mano de obra requerida, los consumibles utilizados (trapos, detergente, barretas y cepillos), el servicio anual de recolección y disposición final de residuos peligrosos y el recupero por disminución de mantenimientos correctivos. Para poner en práctica dichos supuestos, a modo de ejemplo, se variará la cantidad de máquinas en  $\pm 10\%$  (a modo de redondeo se contabilizarán  $\pm 5$  máquinas). La cantidad de lavados por día se verá modificada proporcionalmente a la cantidad de máquinas según los valores dados según lo detallado en la tabla XX.

Tabla XX: Variación en la cantidad de lavados requeridos

| Si una máquina se lava en promedio 15,36 veces en 12 meses, entonces al variar la cantidad de máquinas en $\pm 10\%$ , la cantidad de lavados será: |      |      |
|---|------|------|
| Variación de cantidad de máquinas   | 5    | -5   |
| Total de máquinas   | 49   | 39   |
| Cantidad de lavados   | 753  | 599  |
| Cantidad de lavados por día   | 2,41 | 1,91 |

El análisis de sensibilidad realizado para algunas partidas del proyecto no presenta variaciones significativas mientras que para otras sí. La modificación de la cantidad de lavados anuales a realizar en la tabla anterior no representa una modificación en la cantidad de personas necesarias para el proceso de lavado actual y propuesto (tabla XXI) (ver anexo 10.7.3 – Análisis de sensibilidad). Por su parte, el diferencial de costos variables no presenta variaciones en cuanto a ahorro por lavado. En lo que respecta a la partida total anual, dependiendo de la cantidad de lavados, puede incrementar o disminuir proporcionalmente a la variable de sensibilidad (tabla XXII). Los costos fijos que constan en salarios del personal y mantenimiento de la infraestructura no sufren fluctuaciones al variar la cantidad de lavados (tabla XXIII). Por último, en la Tabla XXIV, el ahorro por disminución de mantenimientos correctivos abordado en el punto 7.1.3 incrementa directamente proporcional en la medida que aumenten la cantidad lavados. La Tabla XXV permite ver en forma sencilla cómo las variables en discusión modifican los criterios de aceptación del proyecto.

Tabla XXI: Análisis de la mano de obra requerida

| Análisis de la mano de obra requerida |          |  |
|---------------------------------------|----------|--|
| Cantidad de lavados                   | Personas | Observaciones  |
| 753                                   | 2        | Al aumentar la cantidad de lavados no varía la cantidad de personal requerido.           |
| 676                                   | 2        | Al disminuir la cantidad de lavados, no varía la cantidad de personal requerido.         |
| 599                                   | 2        | Por lo tanto, la partida de mano de obra dentro de los costos fijos no se verá afectada. |

Tabla XXII: Análisis de diferenciales de costos variables

| Análisis de diferenciales de costos variables |                      |                         |   |
|---|----------------------|-------------------------|---|
| Cantidad de lavados                           | Diferencial / lavado | Diferencial total anual | Observaciones   |
| 753   | (USD 19,46)          | (USD 14.651,86)         | No se modifica el costo por lavado. Se mantiene una relación directamente proporcional entre la cantidad de lavados y el costo total anual. |
| 676   | (USD 19,46)          | (USD 13.156,77)         |   |
| 599   | (USD 19,46)          | (USD 11.661,68)         |   |

Tabla XXIII: Análisis de diferenciales de costos fijos

| Análisis de diferenciales de costos fijos |                         |  |
|---|-------------------------|--|
| Cantidad de lavados                       | Diferencial total anual | Observaciones  |
| 753                                       | USD 9.153,42            | Los costos fijos no se ven impactados la variación en la cantidad de lavados. Se observa una mejor distribución de los costos fijos por lavado al incrementar estos últimos. |
| 676                                       | USD 9.153,42            |  |
| 599                                       | USD 9.153,42            |  |

Tabla XXIV: Análisis de ahorros por disminución de mantenimientos correctivos

| Análisis de ahorros por disminución de mantenimientos correctivos |                    |  |
|---|--------------------|--|
| Cantidad de máquinas  | Ahorro total anual | Observaciones  |
| 753   | USD 68.454,40      | El recupero es directamente proporcional a la cantidad de lavados. |
| 676   | USD 61.454,42      |  |
| 599   | USD 54.470,96      |  |

Tabla XXV: Análisis de la variación de los ratios de evaluación financiera

| Análisis de la variación de los ratios de evaluación financiera |                |                 |        |
|---|----------------|-----------------|--------|
| Cantidad de lavados   | Payback [años] | VAN             | TIR    |
| 753   | 3,94           | USD 73.598,92   | 20,31% |
| 676   | 4,43           | USD 27.082,49   | 16,12% |
| 599   | 6,60           | (USD 31.036,02) | 10,88% |

Cómo se puede observar, a mayor cantidad de lavados, se incrementan los beneficios del proyecto. Esto es así debido a los siguientes efectos:

- una mayor cantidad de lavados incrementa los ahorros por diferencia de costos variables entre la operación del lavadero y las operaciones actuales,
- una mayor cantidad de lavados indica, en este caso, que existen más máquinas, por lo cual el ahorro por disminución de mantenimientos correctivos será mayor, siendo este el principal ingreso del proyecto y,
- para la variación del parque de equipos estudiada, los costos fijos se mantienen constantes a pesar del incremento o disminución de la cantidad de lavados.

Vale la pena mencionar que, para el escenario pesimista (con menor cantidad de lavados) el proyecto debería ser rechazado ya que los beneficios del lavadero no costearían la inversión realizada al cabo de 10 años, teniendo en cuenta el valor del dinero en el tiempo.

## **9. Conclusiones**

### **9.1. Ventajas**

Las principales ventajas que proporciona el proyecto de inversión se detallan a continuación:

- Reducción de los costos operativos de Trataresiduos S.A.
- Mejora en la disponibilidad de los equipos de gran porte.
- Proceso estandarizado y con mayor grado de seguridad de las personas.
- Posibilidad de escalar la utilización del lavadero a otros vehículos de la compañía (equipos livianos), aumentando la eficiencia del local.

### **9.2. Desventajas**

Las desventajas más significativas del proyecto son, por un lado, la necesidad de contar con fondos para realizar la inversión en capital y, por otro lado, una mayor necesidad de planificación y control de las operaciones de limpieza y lavado de máquinas.



### **9.3. *Decisión final***

Por lo expuesto a lo largo de este escrito, Trataresiduos S.A. debería avanzar con el proyecto de construcción del nuevo lavadero, no sólo debido a la disminución de gastos en el flujo de fondos, sino también por los aspectos de la calidad del proceso, la seguridad del personal y el tratado de los residuos y preservación del medioambiente.

## 10. Bibliografía

- BGS TECHNIC [En línea] [consulta: 3/2022] <<https://www.bgstechnic.com/>>.
- CATERPILLAR [En línea] [consulta: 11/2020] <<https://www.caterpillar.com/es.html>>.
- CEAMSE [En línea] [consulta: 11/2020]. <<https://www.ceamse.gov.ar/>>.
- CPAU. Consejo profesional de arquitectura y urbanismo. *Costo de la construcción de un galpón, 2021* [PDF]. <[https://static.cpau.org/.newsite/servicios/biblioteca/2021/dsi/indice/mayo/5.IC-May\\_2021.pdf](https://static.cpau.org/.newsite/servicios/biblioteca/2021/dsi/indice/mayo/5.IC-May_2021.pdf)>.
- CZERWENY [En línea] [consulta: 3/2022] <<https://czerweny.ar/>>.
- ENGIRSU, *Estrategia Nacional Para La Gestión Integral De Residuos Sólidos Urbanos.* [PDF]. 2005. <[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/engirsu\\_2005.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/engirsu_2005.pdf)>.
- FINNING [En línea] [consulta: 11/2020] <[https://www.finning.com/es\\_AR.html](https://www.finning.com/es_AR.html)>.
- GONZÁLEZ, Gisela Laura. Residuos sólidos urbanos argentina [PDF]. 2010. Cámara Argentina de la Construcción. <<http://biblioteca.camarco.org.ar/residuos-solidos-urbanos-en-argentina-situacion-actual-y-alternativas-futuras>>.
- GRUNDFOS [En línea] [consulta: 3/2022] <<https://www.grundfos.com/ar/>>.
- HAWK [En línea] [consulta: 3/2022] <<https://www.hawkpumps.com/>>.
- INFORMACIÓN LEGISLATIVA Y DOCUMENTAL [En línea] [consulta: 3/2020] <<http://www.infoleg.gob.ar>>.
- KARDEC, Allan y NASCIF, Júlio. *Mantenimiento, función estratégica.* Qualitymark, 2002. p. 92).
- LEY 11.720: RESIDUOS ESPECIALES. 1995. [En línea] [consulta: 3/2020] <<https://www.argentina.gob.ar/normativa/provincial/ley-11720-123456789-0abc-defg-027-1100bvorpyel/actualizacion>>.

- MERCADOLIBRE ARGENTINA [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<https://www.mercadolibre.com.ar/>>.
- MILLER, Irwin y FREUND, John E. *Probabilidad y estadística para ingenieros*, 5ta edición, 1997, p. 550).
- NACIONES UNIDAS [En línea] [consulta: 3/2020] <<https://www.un.org/es/>>.
- NOVARSA [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<http://novarsa.com/esp/productos.php?id=1>>.
- OMZ [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<https://www.omzsr.it/en/products/rotating-heads/>>.
- SCHNEIDER ELECTRIC [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<https://www.se.com/>>.
- SULLAIR ARGENTINA [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<https://www.sullairargentina.com>>.
- WEG MOTORES ELÉCTRICOS [En línea] [consulta: 3/2022]  
 <<https://www.weg.net/>>.

## 11. Anexos

### 11.1. Análisis de productividad

| <b>Análisis de productividad</b>             |      |    |               |
|--|------|----|---------------|
| <b>Hipótesis de trabajo</b>                  |      |    |               |
| Cantidad de lavados por día                  | 2,16 |    |               |
| Días laborables/semana                       | 6    |    |               |
| Semanas/año                                  | 52   |    |               |
| HH laborables/día                            | 8    |    |               |
| Días de vacaciones/año                       | 21   |    |               |
| % ausentismo anual por enfermedad            | 10%  |    |               |
| Días permisos personales y gremiales anuales | 12   | 96 | Horas/anuales |

| <b>Determinación del personal necesario</b>                                  |          |            |                |
|--|----------|------------|----------------|
| <b>Cálculo de la demanda anual de horas hombre para el proceso de lavado</b> |          |            |                |
| Actividad  | Cantidad | Unidad     | HH-anuales     |
| Espera (eventual) en pie de línea por operario de lavadero                   | 15       | min/lavado | 168,48         |
| Posicionamiento del equipo para comienzo de proceso de lavado                | 2        | min/lavado | 22,464         |
| Limpieza superficial de cabina y exterior del equipo con aire comprimido.    | 60       | min/lavado | 673,92         |
| Limpieza de la máquina con barretas y ganchos                                | 30       | min/lavado | 336,96         |
| Lavado del equipo con agua a presión   | 60       | min/lavado | 673,92         |
| Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso      | 10       | min/lavado | 112,32         |
| Retiro del equipo por operador de máquina                                    | 2        | min/lavado | 22,464         |
| Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido                       | 20       | min/lavado | 224,64         |
| <b>Cantidad de HH/año</b>  |          |            | <b>2235,17</b> |

| <b>Tiempo requerido por el personal de lavadero para el proceso de tratamiento de efluentes</b> |          |         |            |
|---|----------|---------|------------|
| Actividad   | Cantidad | Unidad  | HH-anuales |
| Colección de efluentes  | 30       | min/día | 156        |
| Separación manual de sólidos  | 15       | min/día | 78         |
| Separación y disposición de sólidos remanentes  | 0        | min/día | 0          |

|                             |   |         |                |
|-----------------------------|---|---------|----------------|
| Separación de hidrocarburos | 0 | min/día | 0              |
| <b>Cantidad de HH/año</b>   |   |         | 234            |
| <b>Total de HH/año</b>      |   |         | <b>2469,17</b> |

| <b>Cálculo de las horas anuales disponibles por operario</b> |  |  |                |
|--|--|--|----------------|
| HH laborables/ año   |  |  | 2496           |
| Horas vacaciones /año  |  |  | -168           |
| Horas ausentismo   |  |  | -249,6         |
| Permisos personales y gremiales                              |  |  | -96            |
| <b>HH disponibles/año</b>                                    |  |  | <b>1982,4</b>  |
| Rendimiento estimado de la mano de obra                      |  |  | 70%            |
| <b>HH productivas/año(*)</b>                                 |  |  | <b>1387,68</b> |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Cantidad de operarios de lavadero necesarios</b> | <b>1,78</b> |
|---|-------------|

Por lo tanto, se requieren 2 (dos) personas para la operación del lavadero.

(\*)Se supone un estándar de la industria del 70% de las HH productivas

## *11.2. Elección de bombas para la instalación*

### **Especificaciones Terminales de la instalación**

#### **Cabezales Rotating washing head – Series TW**

Caudal: 20 litros / minuto

Presión de operación: 40 – 300 bar

#### **Lanzas Kärcher**

Caudal: 20 litros / minuto

Presión máx: 126 bar

#### **Hipótesis de funcionamiento**

Dado el proceso descrito en 4.5. “Descripción del proceso de lavado propuesto” y en los terminales especificados en las secciones anteriores del anexo, se prevé un consumo máximo

de 80 l/min. Por ello, se determina que el máximo caudal estará dado por el accionamiento de dos cabezales y dos lanzas en forma simultánea.

### **Elección de Bombas de lavado**

Para alimentar esa instalación se seleccionan 2 (1 backup) bombas Marca Hawk, modelo GXT8020SL

$Q_{bomba} = 80 \text{ l/min}$

Presión nominal = 200 bar

Rpm = 1000

$P_{nominal} = 30,2 \text{ kWatt}$

### **Elección de Motor para Bombas de lavado**

El motor necesario para el accionar de estas bombas son 2 WEG modelo W22 Carcasa de Hierro Gris - NEMA High Efficiency, los cuales funcionan según cumpliendo las siguientes características:

Rpm = 1000

$P_{nominal} = 37,28 \text{ kWatt (50HP)}$

Conexión: trifásica

### 11.3. Cálculo determinación compresor de aire

| Herramienta                          | Consumo de aire [LPM] | Presión [bar] | Cantidad | Tiempo de funcionamiento por hora [min] | Consumo de aire total [LPH] |
|--------------------------------------|-----------------------|---------------|----------|---|-----------------------------|
| Pistola sopladora de aire comprimido | 168                   | 5             | 2        | 20                                      | 6720                        |

| Tabla de equivalencias |   |                |            |
|------------------------|---|----------------|------------|
| Volumen                | 1 | m <sup>3</sup> | 1000 L     |
| Tiempo                 | 1 | hora           | 60 minutos |

Qu: caudal de aire total en [m<sup>3</sup>/min]    Qu = 0,112

Cálculo del caudal del compresor Qc     $Q_c = Qu \frac{(t_1+t_2)}{t_2}$

Se asume una curva estándar del compresor con 4 arranques por hora.

t1: tiempo de descarga del compresor    t1 = 3

t2: tiempo de utilización del compresor    t2 = 12

Por lo tanto     $Q_c = 0,112 \frac{(3+12)}{12} = 0,14 \text{ m}^3/\text{min}$

**Para cumplir con los requerimientos del sistema de aire comprimido se selecciona un compresor Sullair ES-6 5HH.**

P = 4 kW

Qc = 0,49 m<sup>3</sup>/min

Presión p = 10 bares

Selección del tanque pulmón del compresor

dp: diferencia de presión soportada por el tanque [kg/cm<sup>2</sup>]

Se considera un dp = 1,5 kg/cm<sup>2</sup>

pa: presión atmosférica [kg/cm<sup>2</sup>]

$$V_{tq} = \frac{60}{N \frac{dp}{pa}} \left( \frac{1}{Q_u} + \frac{1}{Q_c - Q_u} \right) = \frac{60}{4 \cdot \frac{1,5}{1}} \left( \frac{1}{0,112} + \frac{1}{0,49 - 0,112} \right) = 0,86 \text{ m}^3$$

**Por lo que se selecciona un tanque marca ZEBRA de 1 m<sup>3</sup>.**

Corrección de tiempos t1 y t2 con los valores obtenidos de Qc y Vtq.

$$N = \frac{60}{V_{tq} \frac{dp}{pa}} \left( \frac{1}{Q_u} + \frac{1}{Q_c - Q_u} \right) = \frac{60}{1,86 \cdot \frac{1,5}{1}} \left( \frac{1}{0,112} + \frac{1}{0,49 - 0,112} \right) = 3,46 \text{ arranques por hora}$$

$$N = \frac{60}{t_1 + t_2} = 3,46$$

Por lo tanto     $(t_1 + t_2) = \frac{60}{N}$

$$(t_1 + t_2) = \frac{60}{3,46}$$

$$(t_1 + t_2) = 17,34 \text{ min}$$

$$t_2 = Qu \frac{(t_1 + t_2)}{Q_c}$$

t2 = 0,112  $\frac{17,34 \text{ min}}{0,49} = 3,96 \text{ min}$     Por lo tanto    t1 = 17,34 min - 3,96 min = **13,38 min**

## 11.4. Cálculos iluminación

Área de lavado:

### Dimensiones

Largo (l): 18,1 m

Ancho (a): 9,2 m

Alto (h): 8 m

Altura plano de trabajo ( $h_{pt}$ ): 1,5 m

### % Reflexión

Techo (aluminio mate): 55%

Paredes (aluminio mate): 55%

**Iluminación elegida:** led tipo galponera de 150 watts de potencia cubierta por campana de policarbonato y 14000 lúmenes.

**Iluminancia en servicio:** 500 lux

Determinación del índice de local:

$$h_m = h - h_{pt} = 6,5m$$

$$K = \frac{l * a}{h_m * (l + a)} = 0,94$$

Con el índice de local, el tipo de luminaria y las reflectancias de techo y pisos obtenemos el Coeficiente o Factor de Utilización

Coeficiente de utilización (cu): 0,45

Factor de mantenimiento (fm): 0,8

De la siguiente ecuación:

$$Em = \frac{\Phi t * cu * fm}{S}$$

$$\Phi t = \frac{Em * S}{cu * fm}$$



Donde:

Em: nivel medio de iluminación sobre el plano de trabajo (500 lux)

$\phi t$ : flujo luminoso total instalado en el local (lúmenes)

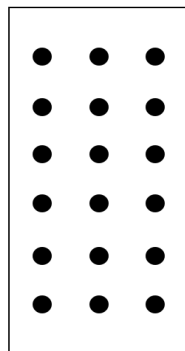
S: superficie total (m<sup>2</sup>)

$$\phi t = \frac{500 \text{ lux} * (18,1\text{m} * 9,2\text{m})}{0,45 * 0,8} = 231278 \text{ lúmenes}$$

Rendimiento luminaria: 95%

$$\phi lm = 14000 * 0,95 = 13300 \text{ lúmenes}$$

$$N^{\circ} \text{luminarias} = \frac{\phi t}{\phi lm} = 17,4 = 18 \text{ luminarias}$$



Área de bombas y tratamiento de aguas residuales:

**Dimensiones**

Largo (l): 23 m

Ancho (a): 6,1 m

Alto (h): 6,5 m

Altura plano de trabajo (h<sub>pt</sub>): 0,8 m

**% Reflexión**

Techo (aluminio mate): 55%

Paredes (hormigón claro): 30%

**Iluminación elegida:** led tipo galponera de 150 watts de potencia cubierta por campana de policarbonato y 14000 lúmenes.

**Iluminancia en servicio:** 300 lux

Determinación del índice de local:

$$h_m = h - h_{pt} = 5,7m$$

$$K = \frac{l * a}{h_m * (l + a)} = 0,85$$

Con el índice de local, el tipo de luminaria y las reflectancias de techo y pisos obtenemos el Coeficiente o Factor de Utilización

Coeficiente de utilización (cu): 0,37

Factor de mantenimiento (fm): 0,8

De la siguiente ecuación:

$$Em = \frac{\Phi t * cu * fm}{S}$$

$$\Phi t = \frac{Em * S}{cu * fm}$$

Donde:

Em: nivel medio de iluminación sobre el plano de trabajo (500 lux)

$\Phi t$ : flujo luminoso total instalado en el local (lúmenes)

S: superficie total (m<sup>2</sup>)

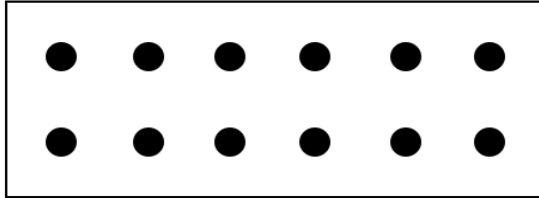
$$\Phi t = \frac{300 \text{ lux} * (23m * 6,1m)}{0,37 * 0,8} = 142196 \text{ lúmenes}$$

Rendimiento luminaria: 95%

$$\Phi lm = 14000 * 0,95 = 13300 \text{ lúmenes}$$

$$N^\circ \text{luminarias} = \frac{\Phi t}{\Phi lm} = 10,7 = 11 \text{ luminarias}$$

Para una óptima distribución adoptamos 12 luminarias:



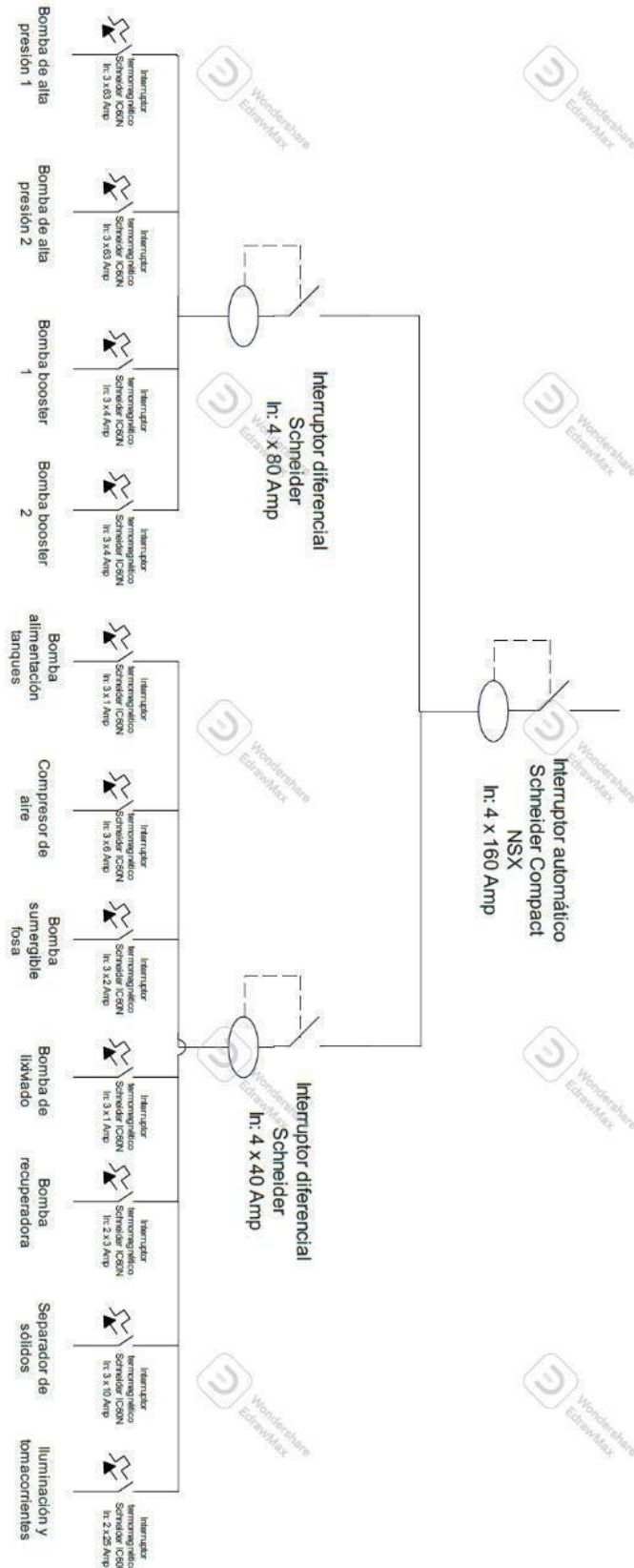
### 11.5. Planilla de cargas eléctricas

$$\text{Trifásica: } I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi}$$

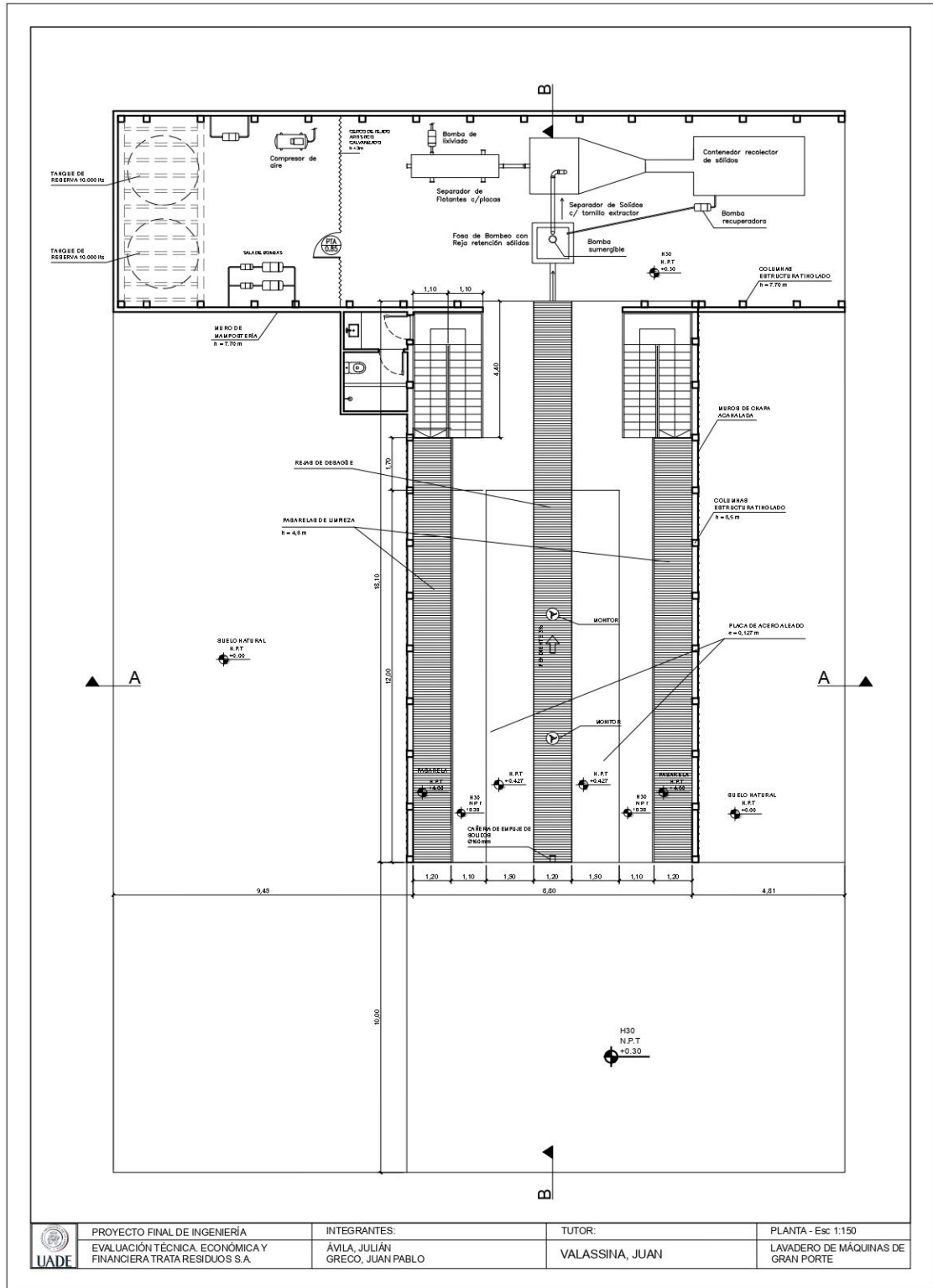
$$\text{Monofásica: } I = \frac{P}{U \cdot \cos \phi}$$

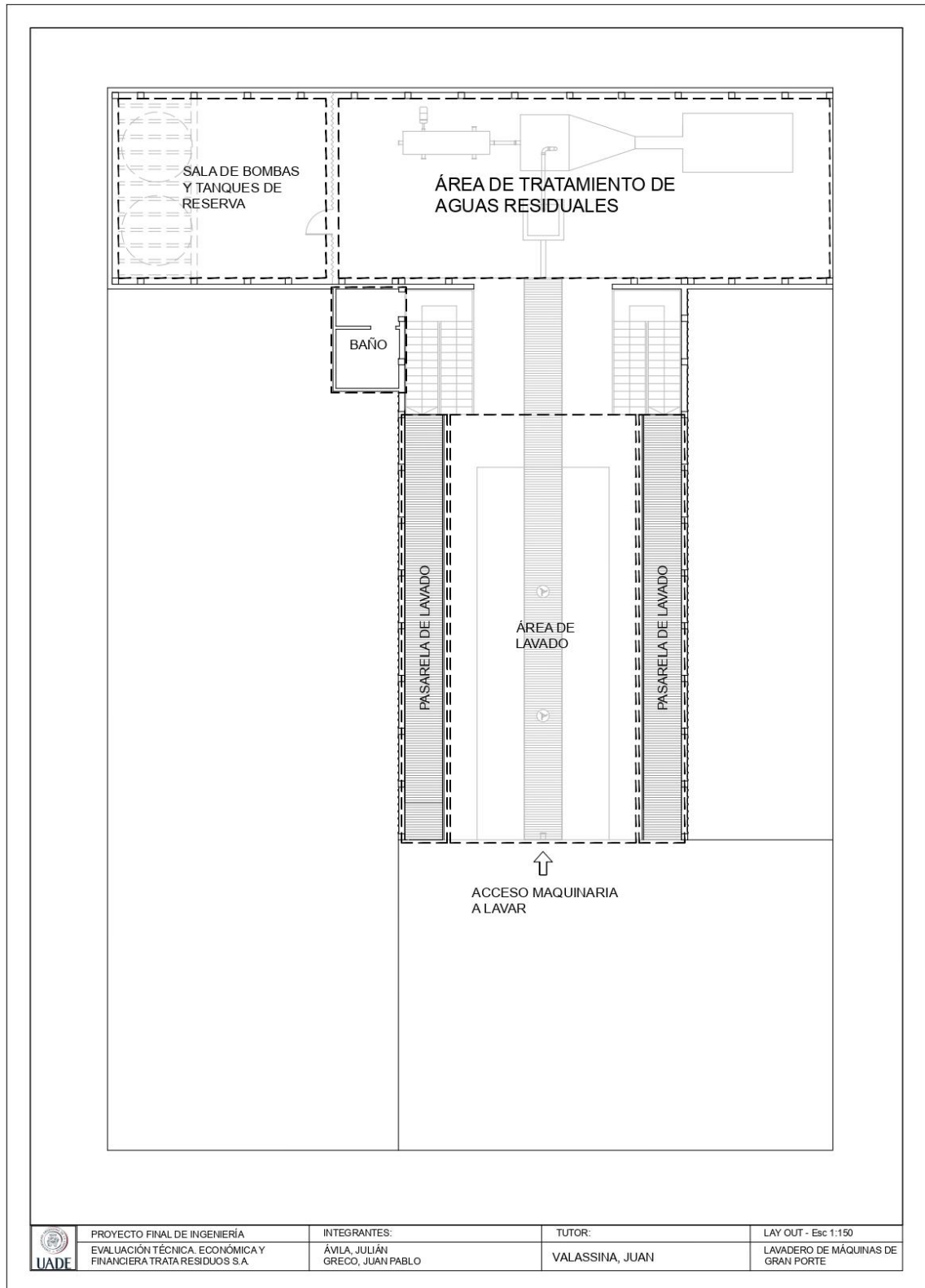
| Elemento                   | Potencia (W) | Conexión   | Tensión (V) | Simultaneidad | Potencia Real (W) | Cos phi | Corriente (A) |
|----------------------------|--------------|------------|-------------|---------------|-------------------|---------|---------------|
| Bomba de alta presión 1    | 30200        | Trifásica  | 380         | 0.8           | 24160             | 0.85    | 43.2          |
| Bomba de alta presión 2    | 30200        | Trifásica  | 380         | 0.8           | 24160             | 0.85    | 43.2          |
| Bomba alimentación tanques | 560          | Trifásica  | 380         | 0.6           | 336               | 0.85    | 0.6           |
| Bombas booster de línea 1  | 2610         | Trifásica  | 380         | 0.8           | 2088              | 0.85    | 3.7           |
| Bombas booster de línea 2  | 2610         | Trifásica  | 380         | 0.8           | 2088              | 0.85    | 3.7           |
| Compresor                  | 4000         | Trifásica  | 380         | 0.6           | 2400              | 0.85    | 4.3           |
| Bomba fosa                 | 800          | Trifásica  | 380         | 0.8           | 640               | 0.85    | 1.1           |
| Bomba lixiviado            | 560          | Trifásica  | 380         | 0.7           | 392               | 0.85    | 0.7           |
| Bomba recuperadora         | 560          | Monofásica | 220         | 0.7           | 392               | 0.85    | 2.1           |
| Iluminación y tomas        | 5000         | Monofásica | 220         | 0.95          | 4750              | 1       | 21.6          |
| Separador de sólidos       | 5000         | Trifásica  | 380         | 0.8           | 4000              | 0.85    | 7.1           |

**Potencia total [W]                      65406**  
**Corriente nominal (A)                124.2**

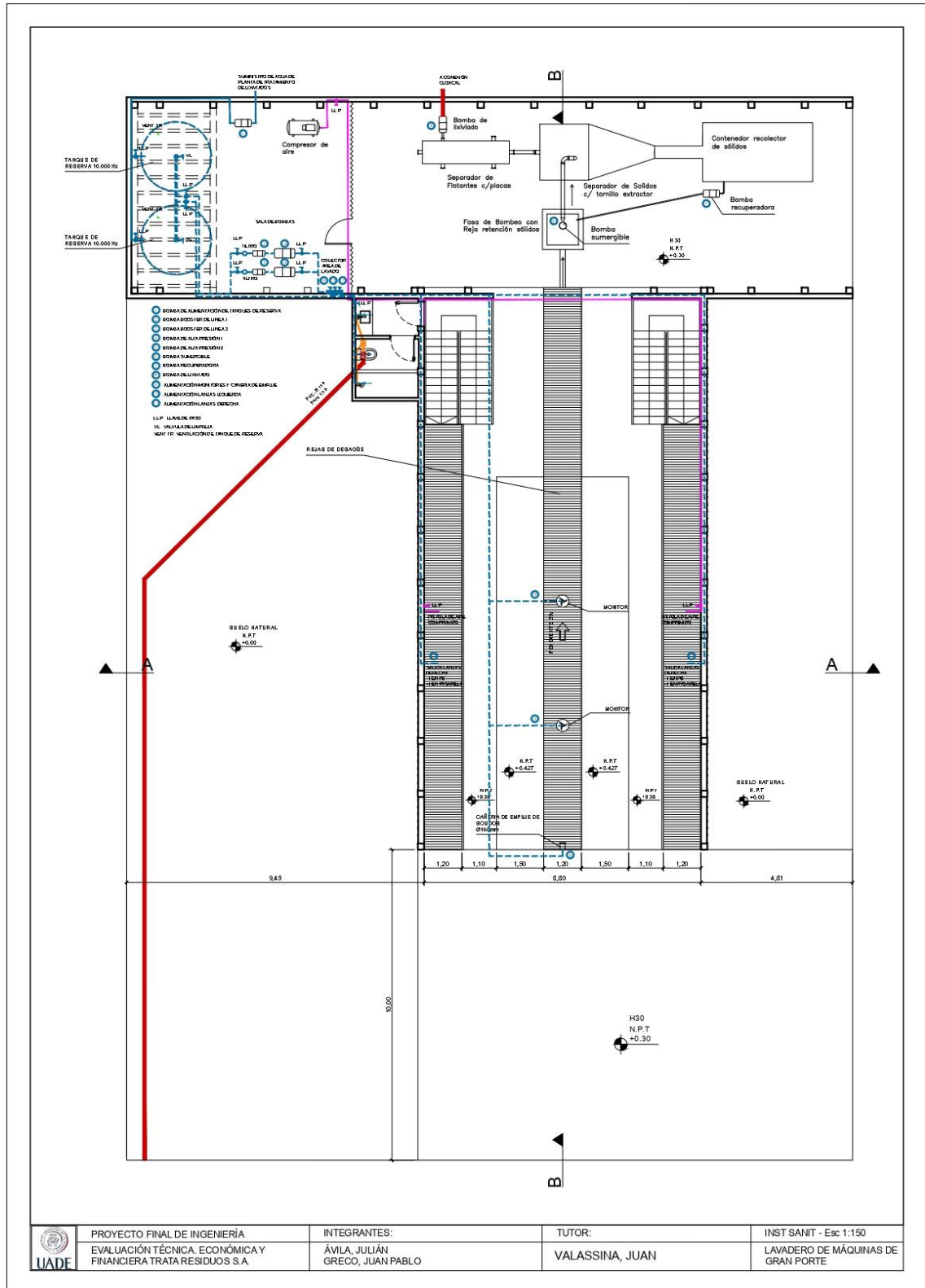


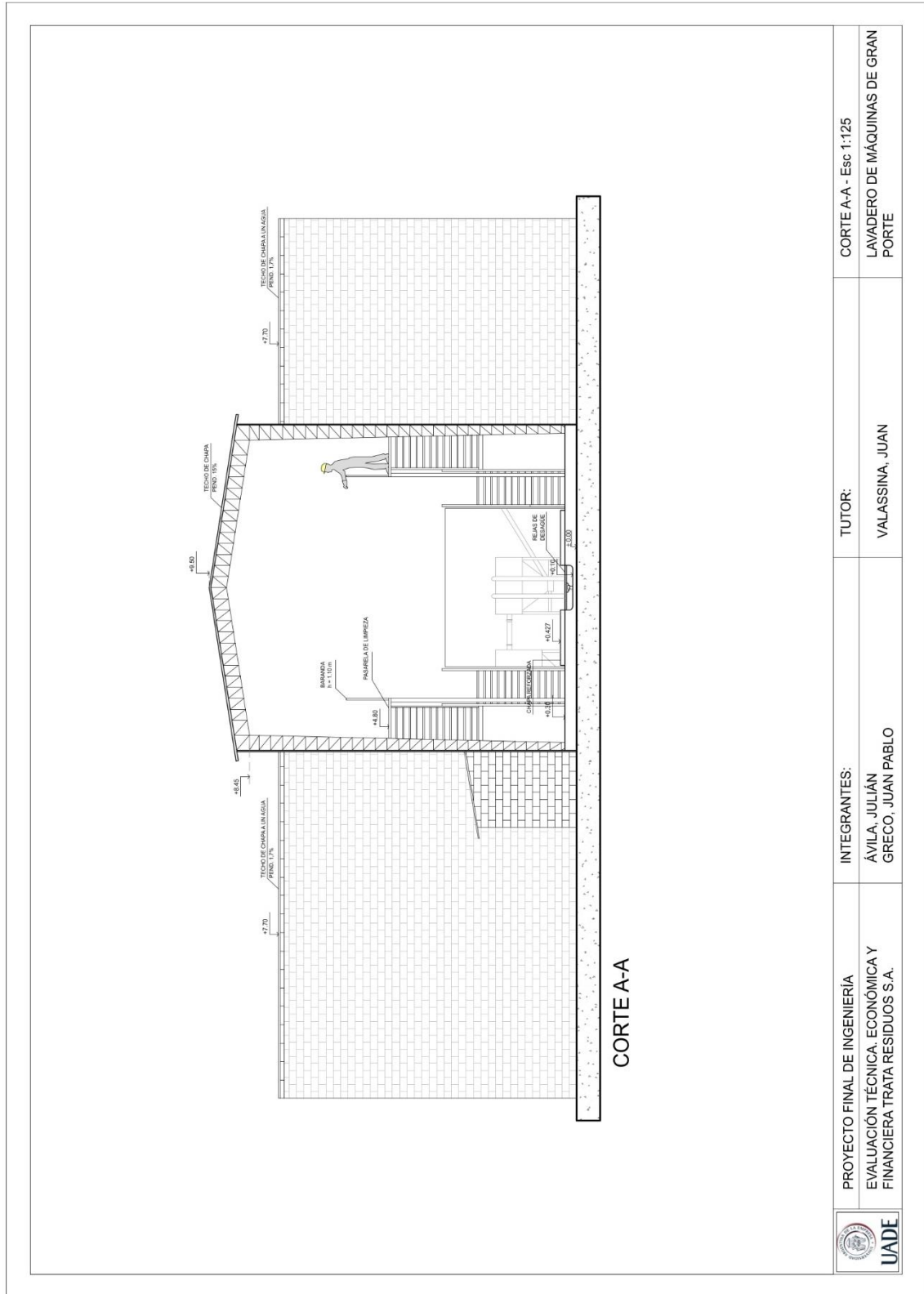
## 11.6. Planos






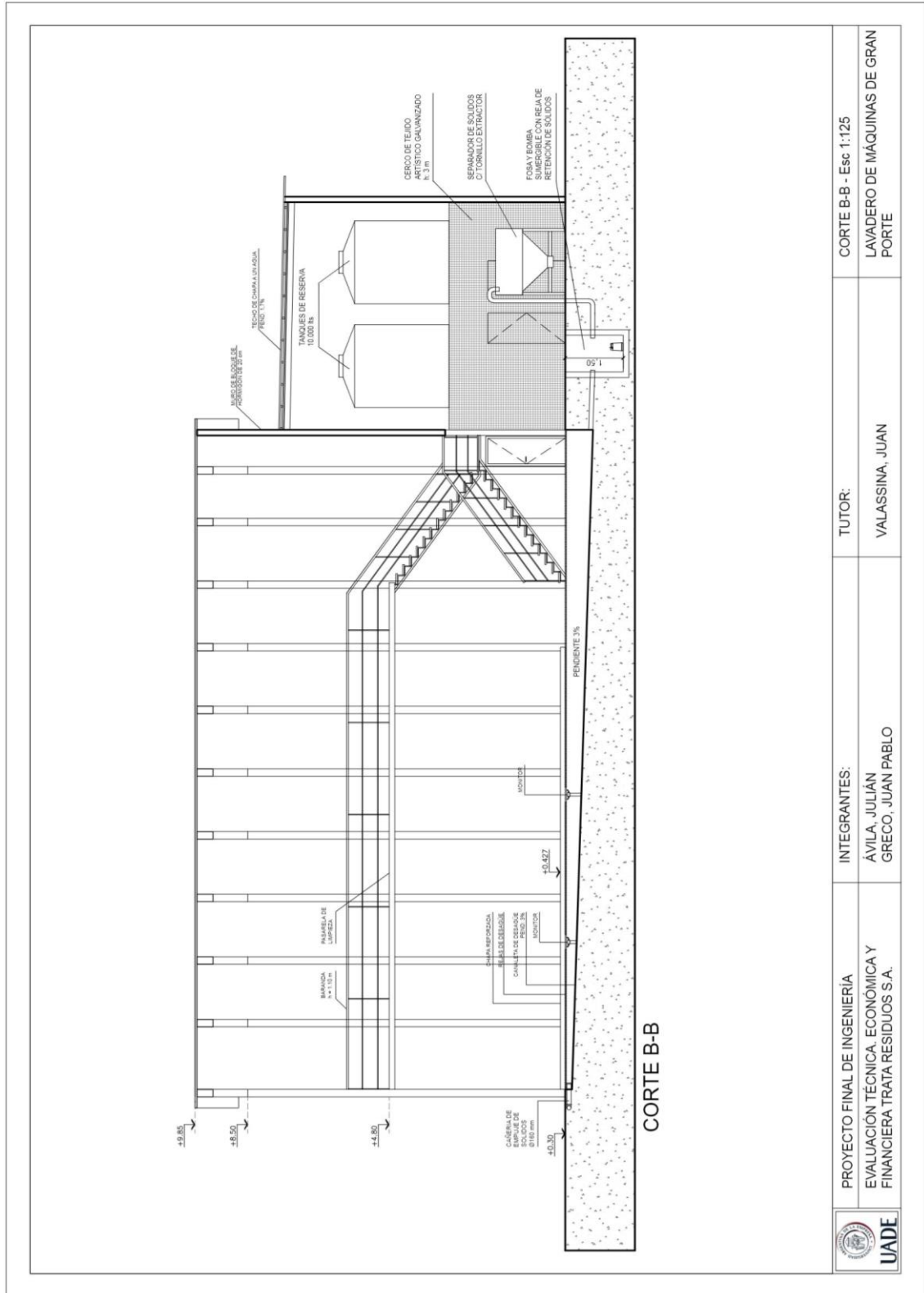
|  |   |  |                           |  |
|--|---|--|---------------------------|--|
|  | PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA<br>EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y<br>FINANCIERA TRATA RESIDUOS S.A. | INTEGRANTES:<br>ÁVILA, JULIÁN<br>GRECO, JUAN PABLO | TUTOR:<br>VALASSINA, JUAN | LAY OUT - Esc 1:150<br>LAVADERO DE MÁQUINAS DE<br>GRAN PORTE |
|--|---|--|---------------------------|--|





|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  <p>PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA<br/>         EVALUACIÓN TÉCNICA, ECONÓMICA Y<br/>         FINANCIERA TRATA RESIDUOS S.A.</p> | <p>INTEGRANTES:<br/>         ÁVILA, JULIÁN<br/>         GRECO, JUAN PABLO</p> | <p>TUTOR:<br/>         VALASSINA, JUAN</p> | <p>CORTE A-A - Esc 1:125<br/>         LAVADERO DE MÁQUINAS DE GRAN<br/>         PORTE</p> |
|--|---|--|---|





## 11.7. Análisis económico-financiero

### 11.7.1. Detalle de costos del proceso actual y del proceso propuesto

| Costos operativos de las operaciones actuales                   |   |                            |                          |                       |                             |                          |
|---|---|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Concepto  | Cantidad / lavado                                       | Cantidad / unidad de venta | Precio / Unidad de venta | Costo / lavado        | Lavados anuales proyectados | Costo total anual        |
| Costos directos   |   |                            |                          |                       | 676                         |                          |
| Costos variables  |   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Detergente (L)  | 2,218934911   | 5                          | USD 8,51                 | USD 3,78              |                             | USD 2.552,76             |
| Bolsas de trapos (30kg)   | 0,03561   | 30                         | USD 46,33                | USD 0,05              |                             | USD 37,18                |
| Cepillos (unidad)   | 0,03561   | 1                          | USD 3,99                 | USD 0,14              |                             | USD 96,06                |
| Barretas (unidad)   | 0,00068   | 1                          | USD 52,88                | USD 0,04              |                             | USD 24,48                |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos | Basado en partida anual de 2021 ajustada por inflación. |                            |                          | USD 28,89             |                             | USD 19.528,68            |
| Costos fijos  |   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Mano de Obra  | -   | -                          | -                        | USD 73,85             |                             | USD 49.920,00            |
| Costos indirectos   |   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Mantenimiento de la infraestructura                             | -   | -                          | -                        | USD 0,13              |                             | USD 90,75                |
|   |   |                            |                          | <b>Costo / lavado</b> | <b>USD 106,88</b>           | <b>Costo total anual</b> |
|   |   |                            |                          |                       |                             | <b>USD 72.249,90</b>     |

| Costos operativos del proyecto                                  |                   |                            |                          |                       |                             |                          |
|---|-------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Concepto  | Cantidad / lavado | Cantidad / unidad de venta | Precio / Unidad de venta | Costo / lavado        | Lavados anuales proyectados | Costo total anual        |
| Costos directos   |                   |                            |                          |                       | 676                         |                          |
| Costos variables  |                   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Detergente (L)  | 4                 | 5                          | USD 8,51                 | USD 6,81              |                             | USD 4.601,77             |
| Bolsas de trapos (30kg)   | 0,03561           | 30                         | USD 46,33                | USD 0,05              |                             | USD 37,18                |
| Cepillos (unidad)   | 0,03561           | 1                          | USD 3,99                 | USD 0,14              |                             | USD 96,06                |
| Barretas (unidad)   | 0,00068           | 1                          | USD 52,88                | USD 0,04              |                             | USD 24,48                |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos |                   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Componente variable (Tn)  | 0,10778           | 1                          | USD 50,00                | USD 5,39              |                             | USD 3.642,89             |
| Flete   | 0,00359           | 1                          | USD 280,00               | USD 1,01              |                             | USD 680,01               |
| Costos fijos  |                   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Mano de Obra  | -                 | -                          | -                        | USD 73,85             |                             | USD 49.920,00            |
| Costos indirectos   |                   |                            |                          |                       |                             |                          |
| Mantenimiento de la infraestructura                             | -                 | -                          | -                        | USD 13,67             | USD 9.244,17                |                          |
|   |                   |                            |                          | <b>Costo / lavado</b> | <b>USD 100,96</b>           | <b>Costo total anual</b> |
|   |                   |                            |                          |                       |                             | <b>USD 68.246,55</b>     |

| Determinación de valores para presupuesto de recolección y disposición final de residuos peligrosos |          |        |
|---|----------|--------|
| Concepto  | Cantidad | Unidad |
| Generación diaria de agua con hidrocarburos   | 0,24     | m3/día |
| Cantidad de días de operación del lavadero  | 312,00   | días   |
| Generación anual de agua con hidrocarburos (volumen)  | 74,88    | m3/año |
| Generación anual de agua con hidrocarburos (peso) (1)   | 72633,60 | kg/año |

| Concepto  | Cantidad | Unidad      |
|---|----------|-------------|
| Toneladas mensuales proyectadas a disponer  | 6,05     | Tn/mes      |
| Fletes mensuales proyectados con 30 tn de capacidad de carga                                | 0,20     | Fletes/mes  |
| Frecuencia de llamado al servicio de recolección y disposición final de residuos peligrosos | 4,96     | Meses/flete |
| Fletes anuales  | 2,42     | Fletes/año  |

### 11.7.2. Detalle de los costos diferenciales del proyecto

| Costos operativos diferenciales del proyecto                    |                   |                            |                          |                   |                                |                       |
|---|-------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Concepto  | Cantidad / lavado | Cantidad / unidad de venta | Precio / Unidad de venta | Costo / lavado    | Lavados anuales proyectados    | Costo total anual     |
| Costos directos   |                   |                            |                          |                   |                                |                       |
| Costos variables  |                   |                            |                          |                   |                                |                       |
| Detergente (L)  | 1,781065089       | 5                          | USD 8,51                 | USD 3,03          | 676                            | USD 2.049,01          |
| Bolsas de trapos (30kg)   | 0,00000           | 30                         | USD 46,33                | USD 0,00          |                                | USD 0,00              |
| Cepillos (unidad)   | 0,00000           | 1                          | USD 3,99                 | USD 0,00          |                                | USD 0,00              |
| Barretas (unidad)   | 0,00000           | 1                          | USD 52,88                | USD 0,00          |                                | USD 0,00              |
| Servicio de recolección y disposición final de residuos sólidos | -                 | -                          | -                        | (USD 22,49)       |                                | (USD 15.205,79)       |
| Costos fijos  |                   |                            |                          |                   |                                |                       |
| Mano de Obra  | -                 | -                          | -                        | USD 0,00          |                                | USD 0,00              |
| Costos indirectos   |                   |                            |                          |                   |                                |                       |
| Mantenimiento de la infraestructura                             | -                 | -                          | -                        | USD 13,54         |                                | USD 9.153,42          |
| <b>Costo diferencial / lavado</b>                               |                   |                            |                          | <b>(USD 5,92)</b> | <b>Diferencial total anual</b> | <b>(USD 4.003,35)</b> |

### 11.7.3. Flujo de inversiones

| INVERSIONES DEL PROYECTO |                       |      |                     |      |                     |               |                     |      |                     |      |                       |
|--------------------------|-----------------------|------|---------------------|------|---------------------|---------------|---------------------|------|---------------------|------|-----------------------|
| AÑO                      | 2022                  | 2023 | 2024                | 2025 | 2026                | 2027          | 2028                | 2029 | 2030                | 2031 | Total                 |
| Edificio                 | USD 181.269,16        |      |                     |      |                     |               |                     |      |                     |      | USD 181.269,16        |
| Equipos mecánicos        | USD 73.340,91         |      |                     |      |                     | USD 73.340,91 |                     |      |                     |      | USD 146.681,83        |
| Iluminación              | USD 2.781,00          |      | USD 2.781,00        |      | USD 2.781,00        |               | USD 2.781,00        |      | USD 2.781,00        |      | USD 13.905,00         |
| <b>Total Inversiones</b> | <b>USD 257.391,07</b> |      | <b>USD 2.781,00</b> |      | <b>USD 2.781,00</b> |               | <b>USD 2.781,00</b> |      | <b>USD 2.781,00</b> |      | <b>USD 341.855,99</b> |

### 11.7.4. Análisis de sensibilidad

#### Flujo de fondos del proyecto con disminución del 10% máquinas

| PERÍODO  | MOMENTO 0        | 2022             | 2023             | 2024             | 2025             | 2026            | 2027             | 2028            | 2029            | 2030            | 2031            |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| DIFERENCIAL DE COSTOS VARIABLES                      | -                | USD 3.887,23     | USD 11.661,68    | USD 11.661,68    | USD 11.661,68    | USD 11.661,68   | USD 11.661,68    | USD 11.661,68   | USD 11.661,68   | USD 11.661,68   | USD 11.661,68   |
| DIFERENCIAL DE COSTOS FIJOS                          | -                | (USD 3.051,14)   | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)  |
| AHORRO POR DISMINUCIÓN DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS |                  | USD 18.156,99    | USD 54.470,96    | USD 54.470,96    | USD 54.470,96    | USD 54.470,96   | USD 54.470,96    | USD 54.470,96   | USD 54.470,96   | USD 54.470,96   | USD 54.470,96   |
| INVERSIÓN INICIAL                                    | (USD 257.391,07) | -                | -                | -                | -                | -               | -                | -               | -               | -               | -               |
| INVERSIÓN EN EQUIPOS MECÁNICOS                       | -                | -                | -                | (USD 2.781,00)   | -                | (USD 2.781,00)  | (USD 73.340,91)  | -               | -               | -               | -               |
| INVERSIÓN EN ILUMINACIÓN                             | -                | -                | -                | -                | -                | -               | -                | (USD 2.781,00)  | -               | -               | (USD 2.781,00)  |
| FLUJO DE FONDOS                                      | (USD 257.391,07) | USD 18.993,08    | USD 56.979,23    | USD 54.198,23    | USD 56.979,23    | USD 54.198,23   | (USD 16.361,69)  | USD 54.198,23   | USD 56.979,23   | USD 54.198,23   | USD 56.979,23   |
| FLUJO DE FONDOS ACUMULADOS                           | (USD 257.391,07) | (USD 238.398,00) | (USD 181.418,77) | (USD 127.220,54) | (USD 70.241,32)  | (USD 16.043,09) | (USD 32.404,77)  | USD 21.793,45   | USD 78.772,68   | USD 132.970,91  | USD 189.950,13  |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS                          | (USD 257.391,07) | USD 16.678,88    | USD 43.939,97    | USD 36.702,86    | USD 33.884,65    | USD 28.303,69   | (USD 7.503,39)   | USD 21.826,61   | USD 20.150,67   | USD 16.831,76   | USD 15.539,34   |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS                          | (USD 257.391,07) | (USD 240.712,19) | (USD 196.772,22) | (USD 160.069,36) | (USD 126.184,71) | (USD 97.881,02) | (USD 105.384,41) | (USD 83.557,80) | (USD 63.407,13) | (USD 46.575,37) | (USD 31.036,02) |

#### Flujo de fondos del proyecto con incremento del 10% de lavados

| PERÍODO  | MOMENTO 0        | 2022             | 2023             | 2024             | 2025            | 2026            | 2027            | 2028           | 2029           | 2030           | 2031           |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| DIFERENCIAL DE COSTOS VARIABLES                      | -                | USD 4.883,95     | USD 14.651,86    | USD 14.651,86    | USD 14.651,86   | USD 14.651,86   | USD 14.651,86   | USD 14.651,86  | USD 14.651,86  | USD 14.651,86  | USD 14.651,86  |
| DIFERENCIAL DE COSTOS FIJOS                          | -                | (USD 3.051,14)   | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)   | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42)  | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) | (USD 9.153,42) |
| AHORRO POR DISMINUCIÓN DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS |                  | USD 24.650,95    | USD 73.952,84    | USD 73.952,84    | USD 73.952,84   | USD 73.952,84   | USD 73.952,84   | USD 73.952,84  | USD 73.952,84  | USD 73.952,84  | USD 73.952,84  |
| INVERSIÓN INICIAL                                    | (USD 257.391,07) | -                | -                | -                | -               | -               | -               | -              | -              | -              | -              |
| INVERSIÓN EN EQUIPOS MECÁNICOS                       | -                | -                | -                | -                | -               | -               | (USD 73.340,91) | -              | -              | -              | -              |
| INVERSIÓN EN ILUMINACIÓN                             | -                | -                | -                | (USD 2.781,00)   | -               | (USD 2.781,00)  | -               | (USD 2.781,00) | -              | -              | (USD 2.781,00) |
| FLUJO DE FONDOS                                      | (USD 257.391,07) | USD 26.483,76    | USD 79.451,29    | USD 76.670,29    | USD 79.451,29   | USD 76.670,29   | USD 6.110,37    | USD 76.670,29  | USD 79.451,29  | USD 76.670,29  | USD 79.451,29  |
| FLUJO DE FONDOS ACUMULADOS                           | (USD 257.391,07) | (USD 230.907,31) | (USD 151.456,02) | (USD 74.785,74)  | USD 4.466,55    | USD 81.335,83   | USD 87.446,20   | USD 164.116,49 | USD 243.567,78 | USD 320.238,06 | USD 399.689,35 |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS                          | (USD 257.391,07) | USD 23.256,87    | USD 61.269,47    | USD 51.920,86    | USD 47.248,43   | USD 40.039,18   | USD 2.802,19    | USD 30.876,52  | USD 28.097,90  | USD 23.810,67  | USD 21.667,91  |
| FLUJO DE FONDOS DESCONTADOS                          | (USD 257.391,07) | (USD 234.134,20) | (USD 172.864,73) | (USD 120.943,86) | (USD 73.695,44) | (USD 33.656,26) | (USD 30.854,07) | USD 22,45      | USD 28.120,35  | USD 51.931,01  | USD 73.598,92  |

## Análisis de sensibilidad del personal necesario

Proyecto de nuevo lavadero con disminución del 10% de lavados

| <b>Análisis de productividad</b>             |      |    |               |
|--|------|----|---------------|
| <b>Hipótesis de trabajo</b>                  |      |    |               |
| Cantidad de lavados por día                  | 1,91 |    |               |
| Días laborables/semana                       | 6    |    |               |
| Semanas/año                                  | 52   |    |               |
| HH laborables/día                            | 8    |    |               |
| Días de vacaciones/año                       | 21   |    |               |
| % ausentismo anual por enfermedad            | 10%  |    |               |
| Días permisos personales y gremiales anuales | 12   | 96 | Horas/anuales |

| <b>Determinación del personal necesario</b>                                  |          |            |                |
|--|----------|------------|----------------|
| <b>Cálculo de la demanda anual de horas hombre para el proceso de lavado</b> |          |            |                |
| Actividad  | Cantidad | Unidad     | HH-anuales     |
| Espera (eventual) en pie de línea por operario de lavadero                   | 15       | min/lavado | 148,98         |
| Posicionamiento del equipo para comienzo de proceso de lavado                | 2        | min/lavado | 19,864         |
| Limpieza superficial de cabina y exterior del equipo con aire comprimido     | 60       | min/lavado | 595,92         |
| Limpieza de la máquina con barretas y ganchos                                | 30       | min/lavado | 297,96         |
| Lavado del equipo con agua a presión   | 60       | min/lavado | 595,92         |
| Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso      | 10       | min/lavado | 99,32          |
| Retiro del equipo por operador de máquina                                    | 2        | min/lavado | 19,864         |
| Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido                       | 20       | min/lavado | 198,64         |
| <b>Cantidad de HH/año</b>  |          |            | <b>1976,47</b> |

| <b>Tiempo requerido por el personal de lavadero para el proceso de tratamiento de efluentes</b> |          |         |                |
|---|----------|---------|----------------|
| Actividad   | Cantidad | Unidad  | HH-anuales     |
| Colección de efluentes  | 30       | min/día | 156            |
| Separación manual de sólidos  | 15       | min/día | 78             |
| Separación y disposición de sólidos remanentes  | 0        | min/día | 0              |
| Separación de hidrocarburos   | 0        | min/día | 0              |
| <b>Cantidad de HH/año</b>   |          |         | <b>234</b>     |
| <b>Total de HH/año</b>  |          |         | <b>2210,47</b> |

| <b>Cálculo de las horas anuales disponibles por operario</b> |  |  |                |
|--|--|--|----------------|
| HH laborables/ año   |  |  | 2496           |
| Horas vacaciones /año  |  |  | -168           |
| Horas ausentismo   |  |  | -249,6         |
| Permisos personales y gremiales                              |  |  | -96            |
| <b>HH disponibles/año</b>                                    |  |  | <b>1982,4</b>  |
| Rendimiento estimado de la mano de obra                      |  |  | 70%            |
| <b>HH productivas/año(*)</b>                                 |  |  | <b>1387,68</b> |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Cantidad de operarios de lavadero necesarios</b> | <b>1,59</b> |
|---|-------------|

Por lo tanto, se requieren 2 (dos) personas para la operación del lavadero.

(\*)Se supone un estándar de la industria del 70% de las HH productivas

Proyecto de nuevo lavadero con incremento del 10% de lavados

| <b>Análisis de productividad</b>             |      |    |               |
|--|------|----|---------------|
| <b>Hipótesis de trabajo</b>                  |      |    |               |
| Cantidad de lavados por día                  | 2,41 |    |               |
| Días laborables/semana                       | 6    |    |               |
| Semanas/año                                  | 52   |    |               |
| HH laborables/día                            | 8    |    |               |
| Días de vacaciones/año                       | 21   |    |               |
| % ausentismo anual por enfermedad            | 10%  |    |               |
| Días permisos personales y gremiales anuales | 12   | 96 | Horas/anuales |

| <b>Determinación del personal necesario</b>                                  |          |            |                |
|--|----------|------------|----------------|
| <b>Cálculo de la demanda anual de horas hombre para el proceso de lavado</b> |          |            |                |
| Actividad  | Cantidad | Unidad     | HH-anuales     |
| Espera (eventual) en pie de línea por operario de lavadero                   | 15       | min/lavado | 187,98         |
| Posicionamiento del equipo para comienzo de proceso de lavado                | 2        | min/lavado | 25,064         |
| Limpieza superficial de cabina y exterior del equipo con aire comprimido     | 60       | min/lavado | 751,92         |
| Limpieza de la máquina con barretas y ganchos                                | 30       | min/lavado | 375,96         |
| Lavado del equipo con agua a presión   | 60       | min/lavado | 751,92         |
| Verificación del estado de limpieza y corrección de errores del proceso      | 10       | min/lavado | 125,32         |
| Retiro del equipo por operador de máquina                                    | 2        | min/lavado | 25,064         |
| Limpieza del lavadero por recolección manual y barrido                       | 20       | min/lavado | 250,64         |
| <b>Cantidad de HH/año</b>  |          |            | <b>2493,87</b> |

| <b>Tiempo requerido por el personal de lavadero para el proceso de tratamiento de efluentes</b> |          |         |                |
|---|----------|---------|----------------|
| Actividad   | Cantidad | Unidad  | HH-anuales     |
| Colección de efluentes  | 30       | min/día | 156            |
| Separación manual de sólidos  | 15       | min/día | 78             |
| Separación y disposición de sólidos remanentes  | 0        | min/día | 0              |
| Separación de hidrocarburos   | 0        | min/día | 0              |
| <b>Cantidad de HH/año</b>   |          |         | <b>234</b>     |
| <b>Total de HH/año</b>  |          |         | <b>2727,87</b> |

| <b>Cálculo de las horas anuales disponibles por operario</b> |  |  |                |
|--|--|--|----------------|
| HH laborables/ año   |  |  | 2496           |
| Horas vacaciones /año  |  |  | -168           |
| Horas ausentismo   |  |  | -249,6         |
| Permisos personales y gremiales                              |  |  | -96            |
| <b>HH disponibles/año</b>                                    |  |  | <b>1982,4</b>  |
| Rendimiento estimado de la mano de obra                      |  |  | 70%            |
| <b>HH productivas/año(*)</b>                                 |  |  | <b>1387,68</b> |

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Cantidad de operarios de lavadero necesarios</b> | <b>1,97</b> |
|---|-------------|

Por lo tanto, se requieren 2 (dos) personas para la operación del lavadero.

(\*)Se supone un estándar de la industria del 70% de las HH productivas

Operaciones actuales con disminución del 10% de lavados

| <b>Relevamiento tiempos del proceso actual</b>      |          |            |           |
|---|----------|------------|-----------|
| Actividad   | Cantidad | Unidad     | HH-anales |
| Limpieza con aire comprimido                        | 30       | min/lavado | 297,96    |
| Limpieza por medio de barretas y ganchos            | 30       | min/lavado | 297,96    |
| Lavado  | 30       | min/lavado | 297,96    |
| Recolección y disposición de residuos remanentes    | 60       | min/lavado | 595,92    |
| Limpieza del piso del taller en zona de rampas      | 30       | min/lavado | 297,96    |
| Cantidad de HH/año                                  |          |            | 1787,76   |
| <b>Cantidad de operarios de lavadero necesarios</b> |          |            | 1,29      |
| <b>Cantidad de operarios en el lavadero</b>         |          |            | 2         |

Operaciones actuales con incremento del 10% de lavados

| <b>Relevamiento tiempos del proceso actual</b>      |          |            |           |
|---|----------|------------|-----------|
| Actividad   | Cantidad | Unidad     | HH-anales |
| Limpieza con aire comprimido                        | 30       | min/lavado | 375,96    |
| Limpieza por medio de barretas y ganchos            | 30       | min/lavado | 375,96    |
| Lavado  | 30       | min/lavado | 375,96    |
| Recolección y disposición de residuos remanentes    | 60       | min/lavado | 751,92    |
| Limpieza del piso del taller en zona de rampas      | 30       | min/lavado | 375,96    |
| Cantidad de HH/año                                  |          |            | 2255,76   |
| <b>Cantidad de operarios de lavadero necesarios</b> |          |            | 1,63      |
| <b>Cantidad de operarios en el lavadero</b>         |          |            | 2         |