

# Manual Operativo para la Instalación de una Planta de RAEE Municipal



**Directores**

**Prof. Ing. José Leandro Basterra**

**Mgter. Ing. Indiana Basterra**

# Manual Operativo para la Instalación de una Planta de RAEE Municipal

## Directores

Mgter. Nora Indiana Basterra  
Prof. Ing. José Leandro Basterra

Ing. Ana Belén Pinatti  
Mgter. Prof. Luis Ariel Pellegrino  
Mgter. Lic. Lucio José Chiozzi  
Verónica Itati Ramírez

## Colaboradores

Ing. Mauricio Nicolás Alles   Ing. Marcelo Leandro Suárez  
Ing. Joel David Gómez Núñez   Ing. Petruk Pablo Esteban  
Ing. Marcelo Fabián Larrea

Editorial Facultad de Ingeniería  
Resistencia 2019

Manual operativo para la instalación de una planta RAEE municipal / Ana Belén Pinatti ... [et al.] ;

contribuciones de Mauricio Nicolás Alles ... [et al.] ; dirigido por Nora Indiana Basterra ; José Leandro Basterra. - 1a ed . - Resistencia : Editorial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Nordeste ; Resistencia: Facultad de Ingeniería UNNE;  
Resistencia : CEGAE - Centro de Gestión Ambiental y Ecología UNNE, 2019.  
60 p. ; 21 x 17 cm.

ISBN 978-987-45571-7-9

1. Electrónica Aplicada. 2. Reciclaje. I. Pinatti, Ana Belén II. Alles, Mauricio Nicolás, colab. III. Basterra, Nora Indiana, dir. IV. Basterra, José Leandro, dir.

CDD 537.5

Diseño de Tapa Mgter. Lic. Lucio José Chiozzi

ISBN 978-987-45571-7-9



© 2019. Editorial Facultad de Ingeniería

Las Heras 727

Contacto: [cegae@unne.edu.ar](mailto:cegae@unne.edu.ar)

Tel: 0362-4452826

Impreso en Argentina.

Hecho el depósito que prevé la Ley 11732.

Todos los Derechos Reservados.

Prohibida la reproducción de la obra en todo o en parte por cualquiera de las vías posibles, incluyendo fotocopia sin consentimiento previo de la editorial

# ÍNDICE

3	Introducción
6	Situación actual
8	Marco normativo
12	Actividades de la actualidad. Propuesta de Gestión Integral de RAEE
17	Manual De Operaciones
19	Diseño de la planta y localización
20	1. Zona de descarga
21	2. Zona de procesamiento de las 3 líneas de trabajo
21	3. Zona de depósitos de materiales
22	4. Zona de envíos
23	5. Área de oficinas y servicios
23	Procesos
27	Materiales y elementos recuperables
28	Etapas para la recuperación de materiales y elementos del grupo 1
30	Etapas para la recuperación de materiales y elementos del grupo 2
31	Residuos
31	Residuos sólidos urbanos
32	Residuos peligrosos
36	Residuos especiales
42	Maquinaria y herramientas
42	Materiales-accesorios para la instalación
45	Análisis económico
56	Personal
58	Bibliografía



# INTRODUCCIÓN

A partir de los avances tecnológicos y la inmediata obsolescencia de los aparatos electrónicos reemplazados en un corto período de tiempo, tanto por su corta vida útil como a las nuevas tendencias sociales, nos encontramos frente a la problemática de qué hacer con estos equipamientos. Se considera Residuo de Aparato Eléctrico y Electrónico (RAEE) al desecho de los Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) al final de su ciclo de vida útil. Incluyen al conjunto de residuos o descartes de los aparatos/equipos/dispositivos eléctricos y electrónicos, así como sus materiales, componentes, consumibles y subconjuntos que forman parte de los mismos. Un RAEE es un AEE cuyo poseedor tiene la intención u obligación de desprenderse de él (Fernández Protomastro, 2013).

El Centro de Gestión Ambiental y Ecología (CEGAE), en conjunto con la Facultad de Ingeniería, dependientes de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), vienen trabajando desde hace tiempo con la problemática, en principio con el programa de Voluntariado Universitario EcoCampus, responsable de recuperar equipos informáticos en desuso provenientes de esta casa de estudios y donarlos a distintas instituciones educativas. Por otra parte, se está dando cierre al proyecto de investigación de una “Planta de Reciclado de RAEE en el Nordeste Argentino”, destinada a diseñar procesos que permitan la reutilización de componentes, la conversión de residuos informáticos en materia prima y el adecuado almacenamiento de residuos hasta su disposición final

(a cargo de terceros). Dicho proyecto tiene como objetivo principal crear una planta de reciclado de RAEE para la región NEA, mediante el análisis de las alternativas tecnológicas y de procesos actualmente utilizados en el país y el mundo. Sobre esta base, se seleccionan los procesos de reciclado más convenientes, buscando asimismo su adecuación a las características particulares de la problemática en la región.

En el marco del mencionado proyecto, cuatro alumnos de la Facultad de Ingeniería de la UNNE presentaron como Trabajo Final de la carrera de Ingeniería Electromecánica la creación de una “Planta de Tratamiento de RAEE”, ideada para recibir los residuos electrónicos provenientes de la región NEA. En él se presentan diversas técnicas de procesamiento de estos residuos y la elección de las alternativas más viables. Incluye una memoria técnica, un manual de operaciones, uno de mantenimiento y especificaciones técnicas de la maquinaria y herramientas. Al final del mismo, se realiza el estudio económico de la construcción y puesta en marcha.

Esto planteó la idea de darle continuidad al proyecto de investigación iniciado en 2014 por el CEGAE, con un nuevo desafío en investigación denominado “Viabilidad económica, social y ambiental de una planta de reciclado de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) para la región Nordeste Argentino (NEA)”, el cual ya fue acreditado por la Secretaría General de Ciencia y Técnica de la UNNE (convocatoria 2018). El proyecto nuevo posibilitará la realización de un estudio más exhaustivo de la instalación de una planta de tratamiento

de este tipo de residuos, analizando las alternativas de inversión para las distintas maquinarias, la contratación de mano de obra, el ingreso inferido por los materiales reciclables, en definitiva, la rentabilidad asociada al reciclaje. Además, se estudiará el impacto socio-ambiental devenido de la instalación de la planta y del reciclado de RAEE perse, analizando la contribución realizada al ambiente por la obtención de materiales que ingresarán nuevamente a la industria como materia prima, y el aporte social al lugar de instalación, con la creación de nuevos puestos de trabajo. La metodología del análisis podrá ser replicada en otras regiones del país para evaluar una posible concreción del proyecto

Es preciso tener en cuenta la problemática actual a la que se enfrentan las regiones del país, con cantidades exorbitantes de residuos informáticos acumulados en rincones de oficinas de entes públicos y hogares o, lo que es peor, mezclado con los residuos domiciliarios y en contacto con el suelo y las corrientes de agua. Este es un problema de todos y la solución debe ser pensada para toda la sociedad.

Por ello, como corolario del proyecto inicial de investigación se elabora el presente “Manual de Operaciones para una Planta de Tratamiento de RAEE”, destinado a los Municipios del NEA y pensado para generar soluciones a algunos de los problemas particulares de la gestión de RAEE en la región y el país.

# SITUACIÓN ACTUAL

Desde siempre el hombre ha buscado las formas de facilitar la vida. “Cada sociedad históricamente ha tomado un ambiente para su desarrollo, como ámbito del cual extraer recursos y como lugar donde construir su propio hábitat” (Bocero y Natenzon, 2007). Estos recursos ayudan a construir elementos y generar servicios que satisfacen necesidades, las cuales pueden ser básicas (por ejemplo, la salud) o secundarias (actividades de ocio). Para la gran mayoría de estas acciones, se requiere de aparatos eléctricos y electrónicos y, como toda acción del ser humano, estas también dejan un remanente o un residuo en el mediano y largo plazo. Estos son los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.

Se estima que la cantidad total de basura electrónica generada (a nivel mundial) en 2014 fue de 41,8 millones de toneladas. Se sabe que este número ascendió a 50 millones de t en el 2018. En Argentina, la cifra es de 290.000 t, alrededor de 7 kg por habitante, de RAEE generado en este año (Baldé y otros, 2015). Para el Nordeste del país, las cifras son alarmantes: unas 35.280 toneladas para 2018 y se estima que 40.025 t se tendrán al finalizar el 2026 (Vallejos y otros, 2016). Este crecimiento exponencial en las cantidades de RAEE se debe en gran medida al consumismo de los AEE y a la obsolescencia programada<sup>1</sup> de los aparatos.

Por otro lado, es necesario analizar qué se hace una vez que se generan

---

1 Obsolescencia Programada: fecha de caducidad impuesta por los fabricantes para acortar el ciclo de vida de sus productos (Fernández Protomastro, 2013).

estos residuos. “Se calcula que alrededor del 50% de estos residuos están arrumbados en oficinas, hogares, entes públicos o depósitos, más del 40% se entierra o se descarta en basurales y rellenos y cerca del 10% ingresa en esquemas informales o formales de gestión de residuos” (Greenpeace, 2012). Esto representa un derroche de recursos que podrían recuperarse (oro, cobre, aluminio, plástico ABS, acero, etc.) y además una alta fuente de toxicidad por los materiales nocivos que forman parte de los RAEE. Plomo, mercurio, cadmio, selenio, cromo, manganes -entre otros metales pesados- y plásticos bromados que actúan como ignífugos, se encuentran dentro de una larga lista de compuestos que, al fundirse y entrar en contacto con el suelo, aire o corrientes de agua dulce, contaminan el ambiente y producen serios problemas en la salud de las personas.

Entre los aparatos electrónicos que más se utilizan a diario, los teléfonos celulares y las computadoras son los que poseen la tasa más alta de reciclado. Más del 90% de sus partes pueden ser recicladas ya que son fáciles de desensamblar, reutilizar y reciclar (Greenpeace, 2012). Esto nos lleva a pensar sobre la importancia de devolverle el valor a los RAEE, mediante la recuperación de funciones (reutilización), de las materias primas (reciclado) o de la energía se está estudiando el blending de plásticos o resinas para hornos cementeros.

## MARCO NORMATIVO

En el marco internacional, Argentina adhirió al Convenio de Basilea<sup>2</sup> sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, mediante la Ley Nacional N° 23.922<sup>3</sup>. A nivel país, la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos, en su artículo 2, dice que: *“Será considerado peligroso, a los efectos de esta ley, todo residuo que pueda causar daño, directa o indirectamente, a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente en general”*. Teniendo en cuenta este artículo y conociendo la composición de los RAEE —elementos potencialmente tóxicos—, podemos asegurar que estos residuos electrónicos pasan a ser peligrosos a partir de su desmontaje o rotura de sus partes.

Más tarde se sancionó la Ley de Residuos Industriales N° 25.612 de presupuestos mínimos, sobre la gestión integral de residuos de origen industrial y de actividades de servicio, la cual en su art. 2 enumera los desechos que se incluyen. Se hace difícil encuadrar a los RAEE dentro de esta ley, ya que no todos los actores involucrados en su gestión son productores industriales o de servicios.

Por otro lado, la Ley de Gestión de Residuos Domiciliarios N° 25.916

---

2 Ver Convenio de Basilea (2014), para un análisis más exhaustivo de este tema. Disponible en <http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>

3 Ver Ley de Desechos Peligrosos (1991), para un análisis más exhaustivo de este tema. Disponible en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=322>

establece de presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios, englobando a los desechos que devienen de las actividades humanas (de origen residencial, urbano, comercial, industrial, etc.), y que no estén incluidos en otras normas específicas.

Siguiendo con este planteo, entran en discusión las leyes a nivel provincial. Las dos provincias en la República Argentina que cuentan con leyes de RAEE son Buenos Aires y Chaco. La Ley Provincial N° 7.345 de la Provincia del Chaco, promulgada en el 2013 y reglamentada mediante el Decreto 869/14 es de adhesión de los municipios, es decir, el escenario de aplicación dependerá de los municipios adheridos. Si bien hay que considerar que a la fecha, varios de los artículos de la ley (tal vez los más importantes) no fueron reglamentados en el decreto mencionado.

Por otro lado, en su capítulo 3 categoriza los AEE incluidos en el ámbito de la ley (los que luego se transformarán en RAEE):

1. Grandes electrodomésticos.
2. Pequeños electrodomésticos.
3. Equipos de informática y telecomunicaciones.
4. Aparatos electrónicos de consumo.
5. Aparatos de alumbrado.
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura).
7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre.

**8.** Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados o infectados).

**9.** Instrumentos de vigilancia y control.

**10.** Máquinas expendedoras.

Una de las dificultades más relevantes es que estas leyes tienden a superponerse, creando confusión acerca del ámbito de aplicación o las responsabilidades pos-consumo de los actores (Tufró, 2010). Además, existe un vacío legal ante los RAEE; por más que estos se encuadren dentro de la Ley Nacional de Residuos Peligrosos, existen problemas a la hora de entrecruzar la definición de RAEE con la de un desecho peligroso. Muchas veces se tendrán aparatos en desuso a los que se les pueda extender la vida útil realizándole sólo un intercambio de piezas, sin necesidad de recurrir al desguace del mismo. Por otro lado, no sirve contar con leyes provinciales que no puedan hacer responsables a los productores de AEE sólo porque estos no se encuentran dentro de la jurisdicción de la misma. Este vacío crea problemas que sólo una ley de alcance nacional podría resolver.

En el año 2010, el senador nacional Daniel Filmus presentó un proyecto de Ley nacional sobre RAEE que alcanzó la sanción de Cámara de Senadores, pero al no lograr el dictamen necesario para que avance en Cámara de Diputados perdió estado parlamentario<sup>4</sup>. Actualmente existe otro proyecto de Ley de autoría del Senador

---

4 Ver Expte. Nº 934/10, para un análisis más exhaustivo de este tema. Disponible en: <http://www.senado.gov.ar/parlamentario/comisiones/verExp/934.10/S/PL>

nacional Juan Manuel Abal Medina, que tiene estado parlamentario y está a la espera de su tratamiento en la Comisión de Ambiente y Desarrollo Humano (Expte. S-104/17<sup>5</sup>) en el Congreso Nacional. Se trata de una iniciativa que contiene los puntos principales para una Ley Nacional de Presupuestos Mínimos de Gestión Integral de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

Por otro lado, las empresas privadas (y en general las grandes empresas) consideran que no deberían ser ellas las que financien la logística de los residuos electrónicos generados por terceros que no realizan aportes al sistema, haciendo referencia al mercado informal de AEE (Tufró, 2010). Es evidente que debe sancionarse una ley nacional donde se contemplen estas y todas las inquietudes de los actores en juego, instándolos a la participación de la creación de la misma.

Dado el nivel de incertidumbre que se tiene respecto a los riesgos de las tecnologías de punta “no se está muchas veces en situación de (...) establecer con claridad las responsabilidades del sector público y privado” (Subirats y otros, 2008). Por ende, las obligaciones de los actores no siempre son del todo claras, lo que dificulta muchas veces la aplicación de las normas que se puedan establecer dentro del marco de las políticas públicas.

---

5 Ver Expte. S-104/17 para un análisis más exhaustivo de este tema. Disponible en: <http://www.senado.gob.ar/parlamentario/comisiones/verExp/104.17/S/PL>

## ACTIVIDADES DE LA ACTUALIDAD. PROPUESTA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RAEE

En la actualidad coexisten circuitos formales e informales de gestión de RAEE. Dentro de los circuitos informales se habla de los llamados “cartoneros” o “cirujas”: familias enteras que circulan por las calles de las ciudades revisando la basura y recolectando lo que les “puede servir” (los residuos electrónicos son sus predilectos). Generalmente ya en sus hogares, separan los residuos y, en el caso de los RAEE, realizan un primer desguace y clasificación de partes para luego venderlas a las “chacaritas” o a las empresas recicladoras. Algunos hacen un trabajo más minucioso de separación, por ejemplo, quemando los cables y obteniendo el cobre para venderlo. Los residuos de las operaciones son eliminados a la basura



Taller CEGAE

informal. Esta actividad genera gases tóxicos y lixiviados que contaminan el ambiente y atentan contra la salud de las personas.

Ya en el ámbito de la formalidad, se pueden nombrar diversas organizaciones en la Argentina dedicadas al tratamiento más eficiente de los RAEE. Existen varios proyectos con financiación estatal o proveniente del exterior, como así también cooperativas: Fundación Compañía Social Equidad; Centros de Reacondicionamiento de Computadoras; Va de Vuelta Asociación Civil; Centro Basura Cero; entre otros<sup>6</sup>. Estas organizaciones reciben los RAEE provenientes de particulares, instituciones y compañías (sectores público y privado), los reacondicionan y luego los venden o donan



Entrega en Centro Cultural Fe y Alegría. Corrientes. 2017

---

6 Ver Plataforma Relac, disponible en: <http://www.residuos electronicos.net/?p=3131>

a ONGs., asociaciones civiles o escuelas, cerrando así la brecha digital existente en estas últimas. Implícitamente, se alberga el hecho de que dichas fundaciones conforman lugares de acogida para los jóvenes, mecanismos de capacitación e inserción laboral y fuentes de trabajo propiamente dichas. Existen también proyectos no financiados que realizan la misma tarea, como ser el programa de voluntariado universitario EcoCompus



Entrega Jardín UNNE. Chaco. 2017

mencionado anteriormente, llevado adelante por el CEGAE de la UNNE, que recibe equipos en desuso provenientes de esta alta casa de

estudios, para reacondicionarlos y donarlos a instituciones carenciadas.

En este sentido, el país cuenta con empresas del sector privado que reciben, acopian y realizan el reacondicionamiento de los aparatos en desuso (para luego donarlos) o los desmontan para triturar sus partes y venderlas a la industria de la refinería y del reciclado, tanto nacional (metales como el cobre, aleaciones como el acero, plásticos, gomas, etc.) e internacional (empresas que compran las placas de circuitos integrados, de donde extraen los metales preciosos con tecnologías que aún no existen en Argentina; entre ellas: Umicore en Bélgica, Arc Metal en Suecia, Metalor Technologies en Suiza). Entre las empresas (ya suman 15 en el país) que realizan un primer



Instituto de Educación Superior. Cote Lai. Chaco 2017.

tratamiento y valoración se encuentran: Silkers S.A., Industrias Dalafer, Scrap y Rezagos S.R.L., ProGEAS S.A., Grupo Pelco S.A., etc.

Estas empresas de tratamiento se encuentran centralizadas en el país, encontrándose la mayoría en las provincias de Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires. Esto dificulta y encarece excesivamente el traslado de los residuos electrónicos que se puedan recolectar en las provincias de la periferia, encontrándose entre ellas a las provincias del NEA. Así surgió la idea de desarrollar proyectos de investigación en todo el país para la instalación de plantas de reciclado de RAEE; entre ellos el proyecto llevado adelante por el CEGAE y la Facultad de Ingeniería de la UNNE, para la instalación de una planta de estas características que pueda recibir este tipo de residuos generados en la región.



Centro Cultural Fe y Alegría. Corrientes. 2016

# MANUAL DE **OPERACIONES**

---



## **DISEÑO DE LA PLANTA Y LOCALIZACIÓN**

El diseño de la planta contempla trabajar con una capacidad máxima de 7 toneladas por hora de RAEE. Dicha cantidad varía en función de las características del municipio: cantidad de habitantes, desarrollo económico, social y cultural.

A fin de realizar su tratamiento, la planta funciona con 3 líneas de trabajo que se corresponden a los siguientes 3 grandes grupos de aparatos en desuso:

- Línea 1: Aparatos de refrigeración.
- Línea 2: CPU, lavarropas y microondas.
- Línea 3: TV y monitores CRT y LCD.

Cada línea tiene su correspondiente sector de depósito y su flujo de proceso, que luego se unifican al finalizar el recorrido.

A continuación, en la siguiente imagen (fig. 1) se presenta el lay-out, junto con el flujo de proceso de cada línea y demás componentes de la planta.

En el plano se distinguen 5 grandes zonas: el área de descarga de los RAEE, la zona de procesamiento de las 3 líneas de trabajo, la zona de depósitos de materiales, el playón de envíos y el área de oficinas y servicios.

A continuación, se describen los sectores mencionados.

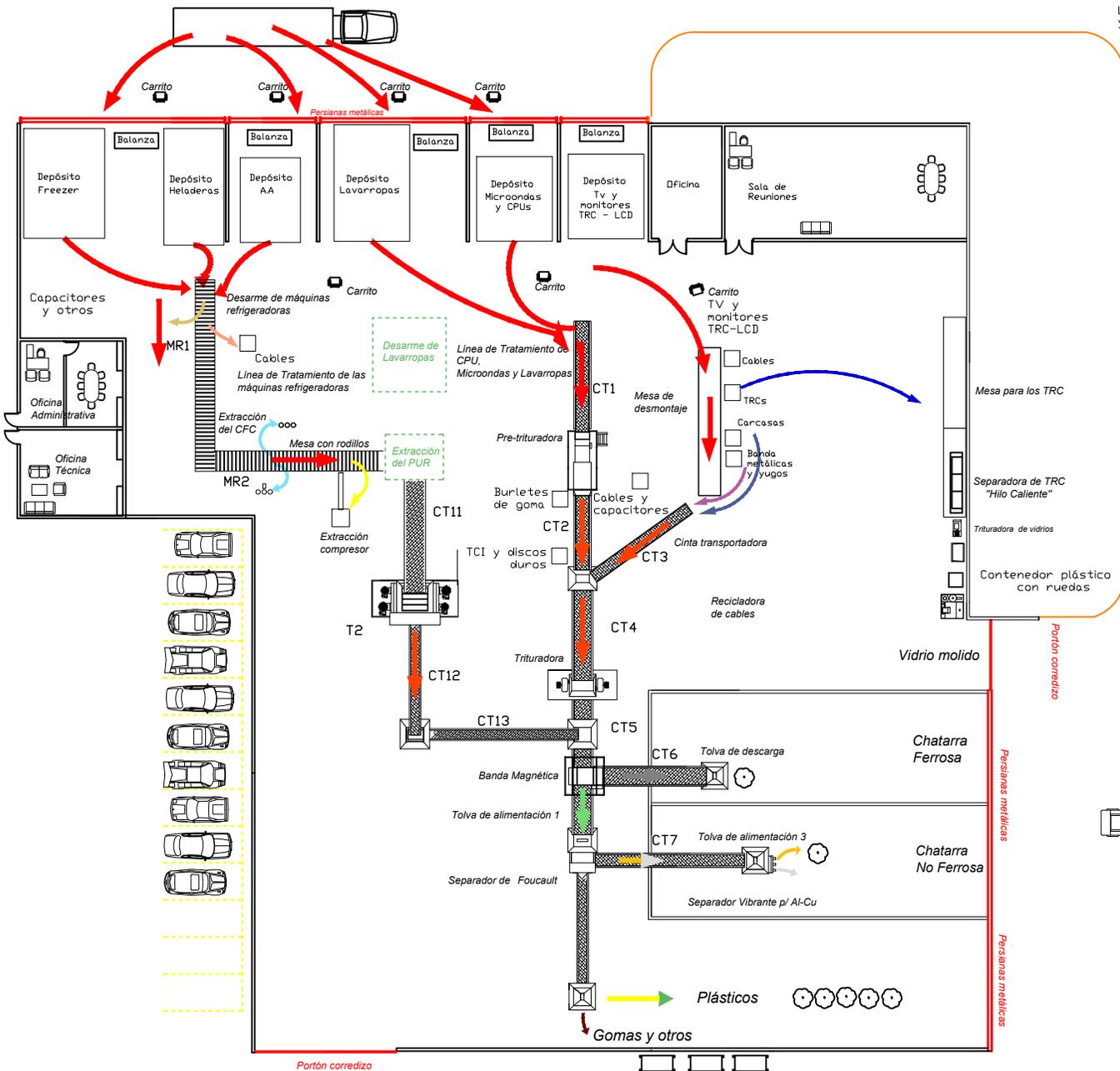
## **1. Zona de descarga**

Esta zona contempla 3 espacios diferenciados:

- el playón para el tránsito de los camiones, el cual debe ser adecuado para la circulación de camiones de mediano y gran porte;
- el área de clasificación o separación de los RAEE en los 3 grandes grupos mencionados, donde los operarios descargan y clasifican los aparatos;
- la zona de depósito de los aparatos en desuso. Habrá 5 depósitos para los 3 grandes grupos de RAEE (un depósito para freezers y heladeras, uno para aires acondicionados compactos y del tipo split, otro para lavarropas, un cuarto depósito para los microondas y las CPU, y el último para la línea 3 de los TV y monitores CRT y LCD). Los depósitos deben tener las dimensiones necesarias para el almacenamiento de elementos de gran porte, como ser heladeras, freezers y lavarropas, y para la circulación de autoelevadores, zorras y del personal a cargo. Tendrán que contar, además, con racks para el almacenamiento de los RAEE de menor tamaño (monitores, CPU, etc.).

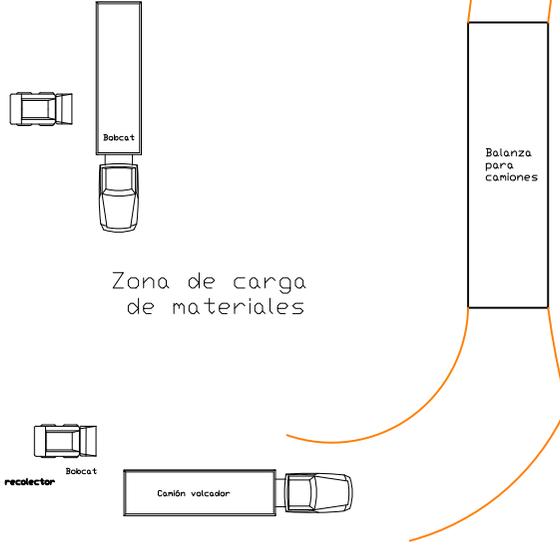
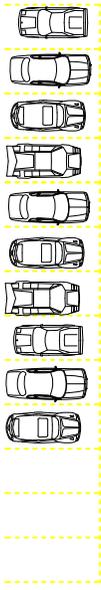
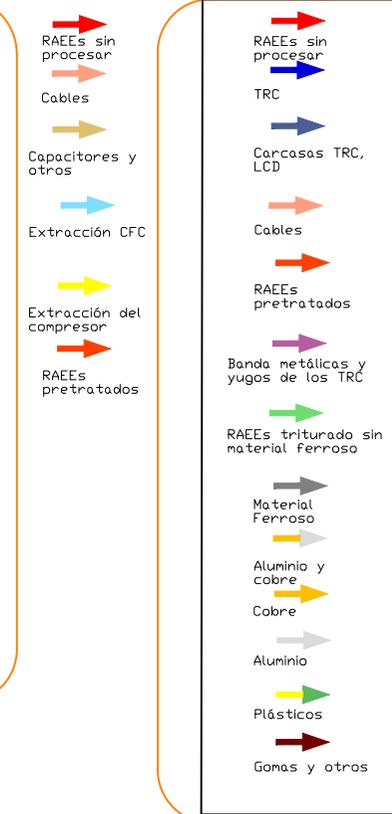
La zona de descarga debe contar, además, con el espacio correctamente señalado para el tránsito de autoelevadores tipo Sampi y zorras hidráulicas paletteras y también para la circulación del personal a cargo.

Zona de descarga



Línea de frezzer AA y Heladeras

Línea de Tratamiento de CPUs, TV y monitores-TRC-LCD, Microondas



Contenedores de residuos

Canión recolector Bobcat Canión volcador

## **2. Zona de procesamiento de las 3 líneas de trabajo**

En el lay-out se puede identificar el recorrido que realizan los RAEE sobre las cintas transportadoras para cada una de las 3 líneas (o flujo de proceso), y las respectivas maquinarias utilizadas. Luego del desguace primario de los aparatos, de cada línea de trabajo se obtendrán materiales recuperables, materiales peligrosos y materiales en proceso. Estos últimos seguirán el recorrido por las cintas transportadoras hacia las maquinarias que realizarán el correspondiente tratamiento, que arrojará como resultado nuevos materiales ya clasificados en aprovechables y no. Además, los elementos que se irán obteniendo del desguace y trituración deberán colocarse en containers adecuados para luego pasar al depósito correspondiente.

## **3. Zona de depósitos de materiales**

Al finalizar el recorrido de los RAEE sobre las cintas transportadoras (las 3 líneas de trabajo), se encuentran los depósitos disponibles para los containers cargados con los materiales recuperables y los no recuperables (siendo estos últimos peligrosos o no peligrosos).

- Habrá una zona destinada al depósito de los materiales reciclables; ellos son: chatarra ferrosa, cobre, aluminio, plástico y vidrio, y también se incluirán los RSU reciclables, que fueron debidamente clasificados y se encuentran en buen estado para ser vendidos a empresas recicladoras, para ser donados o simplemente quedarán a la espera de la recolección diferenciada municipal.
- En otro sector se almacenarán los elementos que serán exportados

para la venta a empresas recuperadoras de metales preciosos, como las plaquetas o tarjetas de circuitos integrados (TCI), los discos duros, las memorias RAM, los procesadores, etc.

- En un sector correctamente señalizado y al resguardo de la entrada de agentes físicos como el agua, se colocarán temporalmente los recipientes que contendrán los residuos peligrosos destinados a la disposición final en rellenos de seguridad. Cada residuo permanecerá en su respectivo contenedor, ya que todos tienen características físicas y químicas distintas, y serán enviados a distintos gestores (por lo general, las empresas disponibles para el tratamiento y disposición final ambientalmente responsable de residuos peligrosos no trabajan con todos los tipos de desechos que se pueden generar). Los recipientes cargados con el material triturado que se obtiene al final del recorrido de las 3 líneas de trabajo (restos de gomas, vidrios, etc.) serán tratados como residuos no peligrosos a los fines de su traslado a empresas gestoras y como residuos peligrosos a los fines de su tratamiento y disposición final ambientalmente sustentable.

#### **4. Zona de envíos**

Destinada al ingreso de camiones que cargarán los elementos comercializables y los residuos peligrosos que se trasladarán a empresas gestoras para su disposición final en rellenos de seguridad.

## **5. Área de oficinas y servicios**

Habrán una oficina administrativa y una técnica, además de los sanitarios diferenciados para ambos sexos, dada la cantidad de operarios que trabajarán en la planta.

Se debe evitar el ingreso de agua a los edificios (el contacto con los RAEE genera lixiviados que podrían provocar problemas graves de contaminación en el ambiente y de salud en las personas).

Se recomienda la ubicación de la planta en zonas del ejido municipal donde no provoquen interferencias con la población de manera directa, mediante los ruidos, vibraciones del suelo, etc., y para evitar el contacto de los residuos peligrosos con la población.

## **PROCESOS**

Para cada una de las 3 líneas de trabajo, el procedimiento es el siguiente:

A) Descarga de los camiones y preselección.

B) Almacenamiento de los RAEE según la línea de tratamiento a la que pertenece.

C) Desmontaje manual y separación primaria en materiales recuperables, materiales no recuperables y materiales en proceso.

D) Trituración.

E) Separación secundaria en materiales recuperables y no recuperables.

F) Almacenamiento de materiales.

En el esquema que sigue (figura 2) se presenta el diagrama de procesos para las 3 líneas.

**La línea 1** (en color azul en el diagrama anterior), la de los “aparatos de refrigeración”, incluye a las heladeras, freezers y aires acondicionados, equipamientos de gran porte que presentan una complicación a la hora de su tratamiento y disposición final por la presencia de gases contaminantes utilizados como refrigerantes. Los aparatos nuevos ya se fabrican dentro de las normas internacionales y con las sustancias adecuadas, pero aún existen muchas heladeras y aires acondicionados fabricados antes de la firma del Protocolo de Montreal.

Una vez ingresados estos aparatos a la mesa de rodillos dispuesta para esta línea (MR1), se le deberán extraer cables, TCI y capacitores, que se colocarán luego en contenedores para cada elemento (para su tratamiento posterior). Además, se deberán extraer cajones, separadores, hueveras, estantes y burletes de goma, cada uno seguirá su camino de acuerdo al tratamiento previsto para los mismos.

Luego de esta etapa, dos operarios se dispondrán a realizar la extracción del gas refrigerante mediante una maquina recuperadora de gas. Otros operarios separarán el compresor de los aparatos y le cortarán las carcasas, que luego serán trasladadas directamente al depósito de material ferroso. El conjunto bobinado-compresor sigue camino hacia la trituradora. Además, se cortarán las carcasas de las heladeras y freezer y se separará la espuma de poliuretano (PUR) que será enviada a gestores autorizados. Las



carcasas de aires acondicionados no tienen PUR, por lo que se depositan directamente en la cinta transportadora 11 (CT11) y siguen camino hacia la trituradora 2.

**La línea 2** (en color naranja) de “CPU, lavarropas y microondas” ingresa por la cinta transportadora 1 (CT1) para pasar por la pre-trituradora, luego de la cual los materiales ingresarán a una tolva que recibe también los elementos procesados manualmente de la línea 3, y que constituye el paso previo del ingreso a la trituradora 1 (el color púrpura en el diagrama representa la unión de las líneas 2 y 3).

Para esta línea se debe tener en cuenta que los lavarropas deberán ser desguazados, retirándoles el motor y el hormigón y cortando la carcasa, para evitar el atascamiento de la pre-trituradora. Antes del ingreso a la tolva de alimentación de la trituradora 1, los operarios deberán retirar burletes de goma (los cuales serán desechados), capacitores (que deberán ser enviados a gestores autorizados para la disposición final), cables y TCI (ya se mencionó su tratamiento).

En la línea “TV y monitores CRT y LCD” (línea 3, en color amarillo en el diagrama) se debe considerar el tratamiento de las distintas tecnologías por separado, con procedimientos distintos para las pantallas LCD y las de CRT.

Los equipamientos que cuenten con pantallas de cristal líquido (LCD) se desguazarán en una mesa de desmontaje manual, recuperándose sólo los plásticos, cables, partes metálicas, tarjetas de circuito impreso (TCI) y demás elementos que puedan extraerse sin dañar los vidrios que contienen

a los cristales líquidos ni los tubos fluorescentes que se utilizan para la iluminación de fondo (no se podrán recuperar y se enviarán a disposición final ambientalmente sustentable, a cargo de empresas especializadas). Otra tecnología de retroiluminación disponible es la de los diodos emisores de luz (LED) los cuales contienen pequeñas cantidades de arsénico, y por lo tanto también deberán gestionarse adecuadamente. Los materiales que se extraigan seguirán su recorrido por la cinta transportadora 3 (CT3) hasta la trituradora 1, excepto las TCI que se depositarán en contenedores para esperar su exportación y los cables que se tratarán en la máquina de reciclado de los mismos.

Los monitores y TV con tecnología CRT, por su parte, serán tratados primeramente en la mesa de desmontaje mencionada y luego tomarán varias vías: elementos como las carcasas, yugos deflectores y bandas metálicas seguirán camino por la CT3 hasta la trituradora 1; los tubos de rayos catódicos, por otra parte, se enviarán a una máquina especial de corte por hilo caliente. Se separarán el vidrio frontal (que se tritura y se vende como materia prima a empresas del rubro) y el vidrio cónico (contiene plomo, altamente tóxico, se enviará a empresas recuperadoras de este material). Las TCI y cables se trasladarán a su sector correspondiente (de almacenamiento o de reciclado, respectivamente).

En la última etapa del proceso, los elementos de las 3 líneas obtenidos hasta el momento convergen hacia la tolva de alimentación del separador magnético de banda (el color verde indica las zonas donde se combinan materiales de las 3 líneas). Aquí se recolectarán los materiales ferrosos

tritutados para ser almacenados. Por otro lado, los metales no ferrosos y los no metales seguirán camino hacia un separador de Foucault donde se apartarán unos de otros.

Una vez que se logra separar los metales no ferrosos de los no metales, ambas líneas pasarán por dos separadores vibrantes: uno de ellos separará el aluminio del cobre (en el caso de la línea de metales no ferrosos) y el otro separará los plásticos del resto de no metales (vidrio, gomas, otros metales sin valor, etc.). El plástico mezcla obtenido será comercializado como tal y el resto de materiales sin valor serán almacenado para posterior disposición final ambientalmente responsable (el separador vibrante que obtiene la mezcla de plásticos y los residuos por el otro no está considerado en el estudio económico).

## **MATERIALES Y ELEMENTOS RECUPERABLES**

En esta categoría se incluyen todos los materiales que pueden ser recuperados de los RAEE y valorizados, generando un ingreso de dinero que servirá para cubrir los costos de puesta en marcha y funcionamiento.

Con las actividades de la planta se obtendrán dos grandes grupos de recuperables: los materiales que serán vendidos a refinerías nacionales, como el cobre y el aluminio, la chatarra ferrosa, los plásticos y el vidrio, y por otro lado los elementos que se exportarán a empresas recicladoras de Europa.

## **Etapas para la recuperación de materiales y elementos del GRUPO 1**

- 1) Extracción de compresores de las heladeras, aires acondicionados y freezers de la línea de “aparatos de refrigeración”.
- 2) Corte de las carcasas y almacenamiento de las mismas en zona de depósito de materiales ferrosos.
  
- 3) Separación y posterior almacenamiento (en zona de depósito de materiales ferrosos) de los metales ferrosos provenientes de las 3 líneas de trabajo, mediante una banda magnética ubicada en el punto de unión de las líneas, encargada de separar los metales ferrosos de los demás materiales.
  
- 4) Recuperación de cobre y aluminio. Estos son metales no ferrosos por los cuales se puede obtener una buena ganancia con su venta.

Su procedencia es desde las líneas de trabajo y en 2 etapas: desde la fase de desguase primario y desde el final del circuito, como se explica a continuación:

- Para la primera etapa se instala una máquina recicladora de cables, con un rendimiento del 99% para separar los revestimientos plásticos de los metales no ferrosos.

Se instalarán contenedores para recepción de los cables provenientes de las tres líneas de trabajo: en la etapa de desguace primario de las máquinas de refrigeración, a la salida de la pre-trituradora correspondiente a la línea de tratamiento de “CPU, lavarropas y microondas”, y en la mesa

de desmontaje manual de los CRT y LCD. De los contenedores, los cables pasan a la máquina recicladora y se almacenan el cobre y el aluminio en sus respectivos depósitos.

Para la etapa 2 (referente al final del circuito) luego del separador de Foucault ya mencionado en las etapas del proceso, se pasan los materiales triturados por el separador vibrante que clasifica los no metales en cobre y aluminio.

5) Recuperación de vidrios. Este material también es apto para comercializar, luego de realizarle el correspondiente tratamiento de descontaminación requerido.

Los vidrios obtenidos en la línea de trabajo “TV y monitores CRT y LCD” en una primera etapa, deben ser separados en aquellos que son aprovechables y aquellos que no. Los que no lo son corresponden a los vidrios cónicos de los CRT (como ya se mencionara en el apartado del proceso), que contienen materiales peligrosos y deberán ser gestionados como tales. Los aprovechables son los vidrios frontales, los que se pasarán a una trituradora de vidrios instalada cerca de la mesa de trabajo de dicha línea.

6) Recuperación de plásticos. Los plásticos obtenidos en la etapa final, luego de la separadora de Foucault, se depositan y enfardan a fines de su comercialización como mezcla a las empresas que realizan la separación y reciclado de los mismos, o a las que lo utilizan en procesos de combustión para el funcionamiento de su planta de producción (valorización energética).

Esto es debido a que la instalación de una máquina clasificadora de estos materiales representa un alto costo de inversión que pueden ser tenido en cuenta como alternativa futura.

### **Etapas para la recuperación de materiales y elementos del GRUPO 2**

En el segundo grupo se tienen las tarjetas electrónicas (TCI), discos duros, memorias RAM, procesadores y baterías recuperables. Estos elementos no son recuperables en el país, por lo que deben ser exportados a gestores especializados y con las tecnologías adecuadas para extraer de ellos los metales preciosos (oro, plata, paladio, platino, etc.). Estas empresas se encuentran en Europa y EE.UU. y cuentan con tecnología de arco de plasma, con la que pueden extraer los materiales nombrados, que de otra manera no se podría.

A fin de este recupero, dichos elementos se obtienen en todas las líneas de trabajo y se depositan en su correspondiente zona de acopio.

## **RESIDUOS**

Con las actividades llevadas a cabo en la planta de tratamiento de RAEE se generarán RSU (residuos sólidos urbanos) y RP (residuos peligrosos), además de los RE (residuos especiales) provenientes de la construcción de la planta y de otras actividades.

Por lo tanto, es necesario implementar un plan de gestión para cada tipo de residuos, teniendo en cuenta que, con la instalación de la planta, se pretende prestar un servicio ambientalmente sustentable a la comunidad, minimizando y controlando los impactos ambientales.

### **Residuos sólidos urbanos**

Los RSU son los residuos que generará cotidianamente la empresa, asimilables a los domésticos, tanto de papelería, orgánicos, botellas de plástico y de vidrio, cartones, telas, maderas, etc., teniendo en cuenta que no deben estar contaminados con sustancias que son consideradas especiales o peligrosas (aceites, pinturas, disolventes, tintas, barnices, resinas, adhesivos, etc.). Se deberán ubicar contenedores señalizados de manera adecuada para evitar la mezcla. Para su posterior tratamiento existen 2 etapas. En la primera se los clasifica y en la segunda se los gestiona.

- **Etapas 1:**

Separación de los RSU en la planta (con los correspondientes contenedores diferenciados por color para cada tipo de residuo).

- **Etapa 2:**

Gestión de los RSU separados: en este ítem, existen 3 opciones:

- **Opción 1:** Ingreso al sistema de recolección clasificada que cada municipio esté gestionando al momento, asumiendo que el municipio en cuestión cuente con una planta de reciclado de RSU o tenga algún proyecto para la creación de una y ya haya comenzado con los procesos de recolección diferenciada.

- **Opción 2:** Venta de los RSU a empresas que se dedican al reciclado de las mismas y que reciben en sus instalaciones materiales como papel, cartón y madera.

- **Opción 3:** Derivar parte de los RSU separados a Fundaciones que los recolectan de manera masiva para obtener recursos económicos y ayudar a instituciones afines, como ser el caso del Programa de Reciclado de la Fundación Garrahan, en apoyo al Hospital Garrahan. De esta manera se logrará favorecer a sectores que lo necesitan, a la vez que se protege al ambiente.

### **Residuos peligrosos**

Por otro lado, la planta generará residuos que se consideran peligrosos y que no pueden mezclarse con los anteriores, ya que son de naturalezas distintas y por ende, tendrán procesos de gestión distintos. Estos desechos aparecen mencionados en la Ley Nacional N° 24.051 de Residuos Peligrosos, la cual en su anexo I hace referencia a las categorías sometidas a control. Estas categorías se dividen en dos líneas: corrientes de desechos per se

(identificación Y1 a la Y18); y las constituyentes de residuos que pueden considerarse como peligrosos (identificación Y19 a la Y48).

1. Dentro de la línea de las corrientes de desechos en sí, de acuerdo a la Ley, se pueden identificar los siguientes a producirse como consecuencia del funcionamiento de la planta:

- Desechos de aceites minerales y mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua; son residuos que serán habitualmente generados, sobre todo en el sector de extracción del gas refrigerante-aceite de los compresores de las máquinas refrigerantes.
- Sustancias y artículos de desecho que contengan o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), trifenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB). En esta última categoría se pueden enmarcar los condensadores (capacitores) que dejaron de fabricarse con PCB luego de su prohibición, pero que se encuentran en algunos aparatos antiguos, como computadoras grandes, televisores antiguos y microondas. Será necesario retirar todos los capacitores (sobre todo aquellos que puedan contener PCB o los electrolíticos con diámetro o largo mayor a 25 mm) del sector de desmontaje de la línea de trabajo “aparatos de refrigeración”, y luego del paso de los aparatos por la pre-trituradora en la línea de trabajo “CPU, lavarropas y microondas”.

2. Dentro de la línea de constituyentes de residuos que pueden considerarse como peligrosos, se encontrarán:

- Los CRT de los monitores contienen plomo y polvo de fósforo; el plomo puede generar saturnismo. En la máquina “separadora de hilo caliente” se corta el CRT, obteniendo el vidrio cónico que luego se enviará a empresas recuperadoras de plomo (como Unionbat, en Bs. As.), mientras que el fósforo se enviará a empresas gestoras para su disposición final. También contienen cantidades apreciables de cadmio, zinc y bario, por lo que se deberán gestionar correctamente estas sustancias.

- Los monitores LCD pueden fabricarse con tubos fluorescentes como fuente de retroiluminación, los cuales contienen vapor de mercurio, por lo que una vez que los aparatos se encuentren en la mesa de desmontaje, éstos deberán ser retirados y considerados como residuos peligrosos. Los fabricados con diodos emisores de luz (LED) contienen pequeñas cantidades de arsénico, por lo que también deberán ser gestionados adecuadamente. Por otro lado, los cristales líquidos presentes en estas pantallas son casi imposible de separar y purificar, y sería poco conveniente tratar de obtener una cantidad apreciable para comercializar, por lo que deben ser considerados peligrosos y gestionar su disposición final. Los residuos nombrados en los dos últimos ítems corresponden a la línea de trabajo “TV y monitores CRT y LCD”.

- Los gases CFC que se extraen eficientemente de las máquinas refrigerantes antiguas, mediante una máquina recuperadora de gas, son altamente perjudiciales para el ambiente. Durante la década del 80, su contribución al efecto invernadero y posterior calentamiento global fue del 25%. El proceso se realiza sobre una mesa de rodillos, luego del desguace primario de los equipos de la línea de trabajo “aparatos de refrigeración”. Es necesaria una buena gestión que incluya el almacenamiento en contenedores adecuados (presurizados) y posterior envío a gestores autorizados.
- Espuma PUR: la misma se extraerá manualmente de las heladeras y freezers, luego de la extracción del gas CFC y de la separación del compresor de las máquinas, y antes del ingreso de la línea a la trituradora 2. Este residuo debe ser tratado convenientemente, ya que puede contener restos del gas refrigerante CFC. Además, si se incinera sin el control adecuado despiden concentraciones de dioxinas y cianuro de hidrógeno.
- Pilas y baterías no recuperables: contienen níquel y cadmio, entre otros elementos peligrosos para el ambiente y la salud de las personas. Pueden encontrarse en las CPU y deberán ser gestionadas de manera adecuada.

- Mezcla de componentes; gomas, metales y plásticos no captados por las máquinas correspondientes, vidrios no comercializables, etc., deberán enviarse a disposición final ambientalmente sustentable (más allá de ser una mezcla de RSU, existe la posibilidad de presentar restos de algún material peligroso para la salud humana y el ambiente, por lo que todo el conjunto se gestionará como residuo peligroso). Esta mezcla se obtendrá en la etapa final del proceso, cuando el separador vibrante divida los materiales obtenidos hasta el momento en “plásticos” y “otros no metales”.

Será necesario tener especial cuidado con estas sustancias, disponiendo de contenedores diferenciados para cada residuo cercanos a los puestos de trabajo, además de un depósito transitorio adecuado para estos contenedores, trasladándolos luego a empresas autorizadas que realicen la disposición final ambientalmente responsable, en el caso de no poder recuperarse.

### **Residuos especiales**

Los más destacados son los escombros que resultarán de levantar las paredes durante la construcción de la planta de tratamiento de los RAEE. Son inertes, es decir, no producen lixiviados ni reaccionan con alguna otra sustancia, pero generan grandes inconvenientes por la escala en la que se generarán (grandes cantidades).

Algunos problemas que pueden ocasionar son:

- a.** Alta ocupación: son residuos muy voluminosos y de mucho peso.
- b.** Degradación paisajística: producen un importante impacto visual.
- c.** Degradación de suelos: eliminan la cubierta vegetal y la materia orgánica disponible para las plantas.
- d.** Degradación de cauces y cuencas subterráneas.
- e.** Rechazo social y disminución de la calidad de vida del entorno.

Una gran parte de estos residuos es reciclable y aprovechable, lo que los hace un poco menos perjudiciales para el medio.

Por otro lado, se incluye en esta categoría a los residuos clínicos o sanitarios, donde se pueden encontrar aquellos residuos generados a partir de algún corte o lastimadura de los operarios durante el desarrollo de sus actividades.

Los residuos forestales representan otra categoría de residuos especiales que se pueden generar en la planta (durante su instalación y el desarrollo de actividades); son los procedentes de la limpieza de zonas verdes y actividades de jardinería, podas, limpieza de matorrales, etc.

Estos tipos de residuos no están enmarcados dentro de una normativa legal a nivel nacional, por lo que deberán gestionarse adecuadamente de acuerdo a las ordenanzas municipales de la ciudad donde se instale la planta. Se almacenarán en lugares adecuados y se contactará al municipio que corresponda para que efectúe el retiro de los mismos del terreno de la empresa.

## **MAQUINARIA Y HERRAMIENTAS**

Las 3 líneas de trabajo definidas en el primer inciso del trabajo y explicadas en el ítem de procesos (ver fig. 2) utilizarán distintas maquinarias y herramientas. Estas son especificadas según los dos tipos de trabajo a realizar: manual y automatizado.

**E1.** La primera etapa consiste en la descarga de los camiones que llegan a la planta repletos de RAEE, la clasificación por tipo de aparatos a tratar y el almacenamiento en depósitos, por lo que se requiere de maquinaria apropiada para tal fin.

**E2.** La segunda etapa de trabajo que se realiza es el desmontaje manual, el cual requerirá:

- herramientas
- máquinas
- herramientas manuales.

Por otro lado, puede ser necesaria la utilización de maquinarias que se encuentren apartadas del proceso automatizado.

**E3.** La tercera etapa consiste en el avance sobre las cintas transportadoras de las partes obtenidas en el desguace manual. Esto requerirá un proceso más automatizado.

**E4.** La cuarta etapa ocurre cuando las cintas trasportadoras convergen en puntos donde se utilizarán máquinas de manera conjunta para elementos provenientes de las distintas líneas de trabajo.

**E5.** La última etapa consistente en el almacenamiento en depósitos de los materiales comercializables y los que requieren disposición final sustentable ambientalmente, y el despacho de camiones con estos materiales. Nuevamente, al igual que en la primera etapa, se requerirá maquinaria específica.

En los cuadros siguientes se pueden visualizar las máquinas y las herramientas y máquinas-herramientas a utilizar, las cantidades a adquirir y la/las etapa/s donde se utilizarán. Por otro lado, en el apartado destinado al análisis económico se detallan los precios, actualizados a septiembre de 2018, de cada ítem.

ETAPA	HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS-HERRAMIENTAS	CANTIDAD
E1	Percha porta pallets	2
E2	Alicate para cortar cables	6
E2	Destornilladores neumáticos	4
E2	Llave Allen	2
E2	Pinza estranguladora de caños para refrigeración	2
E2	Pinza (alicate) cortapernos	1
E2	Llave de impacto neumática	2
E2	Sierra sensitiva	1
E2	Rasquetas/raspadores	4
E2	Sierra sable	2
E2	Martillo	2
E2	Cepillo metálico	3
E2	Amoladora	1

**Tabla 1.** Herramientas y máquinas-herramientas que se utilizarán en la planta.

**Fuente:** Elaboración propia.

ETAPA	MÁQUINAS	CANTIDAD
E1 y E5	Autoelevador	1
E1 y E5	Carros zorra	2
E2	Compresor de aire	1
E2	Mesa de rodillos (MR1 y MR2)	2
E2-E4	Cintas transportadoras (CT1-CT13)	11
E2	Recuperadora de gases refrigerantes	2
E3	Pre-trituradora	1
E3 y E4	Trituradoras 1 y 2	2
E2	Separadora de CRT de hilo caliente	1
E2	Trituradora de vidrio	1
E4	Banda magnética	1
E4	Separador de Foucault	1
E4	Separador vibrante para Al/Cu	1
E4	Separador vibrante para plásticos/resto de no metales	1
E2	Recicladora de cables	1

**Tabla 2.** Máquinas que se utilizarán en la planta.

**Fuente:** Elaboración propia.

## **MATERIALES-ACCESORIOS PARA LA INSTALACIÓN**

Es necesario aclarar que este proyecto contempla la elaboración de cada uno de los componentes del proceso, aunque se sabe que en el país (así como en el exterior) existen empresas que se dedican a la fabricación y venta de los mismos. A modo de ejemplo, las cintas transportadoras pueden ser construidas mediante un proyecto llevado adelante por el gobierno municipal que esté edificando la planta, o pueden contratar a alguna de estas empresas para que realice la instalación de la misma.

Los materiales y accesorios se corresponden con los necesarios para la instalación, puesta en marcha y funcionamiento de la planta; entre ellos se encuentran los necesarios para la fabricación y montaje de las cintas transportadoras y los necesarios para la instalación neumática. En el apartado del análisis económico se pueden visualizar los ítems discriminados por modelo, dimensiones, proveedores, etc., además del precio, actualizado a septiembre de 2018, de cada uno.

<b>ACCESORIOS/MATERIALES</b>	<b>CANTIDAD</b>
Accesorio "T" de derivación	2
Accesorios "Codos 90º"	4
Accesorios de herramientas neumáticas	1
Arandelas	896
Arrancadores	8
Autoperforantes	264
Bandejas portacables	412
Barra de AC	43,73
Barras de cobre	5
Caño estructural rectangular	40,2
Capacitores	11
Chapa negra	31,61
Cinta	117,99
Conductores	42 - 1645,3m
Contactador	15
Contactador p/capacitores	11
Contenedores	11
Controlador automático del fdp	1
Curvas para bandejas	19
Discos de chapa negra	80
Filtro de aire	3
Fusibles	19
Garrafas para recuperación de gas	4
Guardamotor	12
Interruptor termomagnético en caja moldeada	5
Interruptores diferenciales	5

Interruptores termomagnéticos	32
Lámparas de 400 W	46
Manguera acople p/herramientas neumáticas	6
Manija extractora fusible	2
Ménsulas porta tubería	19
Motorreductores	8
Pares de tubos de 36 W	8
Perfil IPB	25,3
Perfil L	55,19
Perfil U	17,16
Perfil UPN	456,84
Planchuela	8,28
Regulador de presión	3
Relé de sobrecarga	4
Rodillo	78
Soporte de pie	20
Soporte p/ rodamiento	20
Soporte tensor	20
Soportes para bandejas	135
Tornillo	508
Trío de rodillos	41
Tuberías para inst. neumática	60
Tuerca	528
Uniones T para bandejas	8
Válvulas exclusas	1
Varilla roscada	7

**Tabla 3.** Accesorios/materiales que se utilizarán en la planta.

**Fuente:** Elaboración propia.

## ANÁLISIS ECONÓMICO

En las tablas siguientes se detallan las máquinas, herramientas y accesorios a utilizar junto con algunas características, además de un precio estimativo de los mismos (precio actualizado en dólares).

<b>MOTORES Y ARRANCADORES</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>RELACIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL (US\$)</b>
Motorreductores 0,75 HP	1:50	3	1.714
Motorreductores 0,75 HP	1:35	1	529
Arrancador suave	60 HP	6	14.072
Arrancador suave	75 HP	2	5.629
Motorreductores 0,75 HP	1:90	1	621
Motorreductores 4 HP	1:60	1	1.759
Motorreductores 0,5 HP	905 / 6 rpm	2	1.063
<b>BANDEJAS PORTA CABLES</b>			
Bandejas TRP-100-Z		207	1.683
Bandejas TRP-050-Z		205	1.346
Curva Plana 90º 50mm		6	27
Curva Plana 90º 100mm		5	31
Curva Vertical 50mm		3	19
Curva Vertical 100mm		5	57
Soportes		135	92
Unión T		8	73
			<b>28.715</b>

**Tabla 4.** Motores y arrancadores. Bandejas porta cables.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE (con datos actualizados).

## CONDUCTORES

ELEMENTO	MODELO	DIMENSIÓN	CANTIDAD	LONG. (M)	LONG. TOTAL (M)	PRECIO TOTAL (US\$)
Conductor	Retenax Valio	50 mm <sup>2</sup>	3	6	18	191
Conductor	Sintenax Valio	400 mm <sup>2</sup>	3	6	18	1.379
Conductor	Sintenax Valio	300 mm <sup>2</sup>	3	48	144	8.556
Conductor	Sintenax Valio	150 mm <sup>2</sup>	3	48	144	4.345
Conductor	Sintenax Valio	120 mm <sup>2</sup>	3	77	231	5.616
Conductor	Sintenax Valio	95 mm <sup>2</sup>	3	5	15	365
Conductor	Sintenax Valio	70 mm <sup>2</sup>	3	77	231	2.745
Conductor	Sintenax Valio	50 mm <sup>2</sup>	3	42	126	1.340
Conductor	Sintenax Valio	35 mm <sup>2</sup>	3	16	48	349
Conductor	Sintenax Valio	25 mm <sup>2</sup>	3	11	33	178
Conductor	Sintenax Valio	16 mm <sup>2</sup>	3	28,1	84,3	297
Conductor	Sintenax Valio	2x10 mm <sup>2</sup>	1	35	35	129
Conductor	Sintenax Valio	2x6 mm <sup>2</sup>	1	46	46	126
Conductor	Sintenax Valio	3x4 mm <sup>2</sup>	1	35	35	109
Conductor	Sintenax Valio	3x2,5 mm <sup>2</sup>	1	54	54	101
Conductor	Sintenax Valio	2x16 mm <sup>2</sup>	1	95	95	735
Conductor	Sintenax Valio	3x1,5 mm <sup>2</sup>	1	212,5	212,5	299
Conductor	Sintenax Valio	3x10 mm <sup>2</sup>	1	20	20	136
Conductor	Sintenax Valio	4x1,5 mm <sup>2</sup>	1	40	40	69
Conductor	Sintenax Valio	4x10 mm <sup>2</sup>	1	15,5	15,5	131
Barras Cobre	Nollsol	50x10 mm	1			450
Barras Cobre	Nollsol	30x5+20x5mm	1			434

Barras Cobre	Nollsol	20x5 mm	3		661
Capacitores	4,17			1	62
Capacitores	8,33			1	84
Capacitores	10,42			1	117
Capacitores	12,5			1	149
Capacitores	14,58			1	164
Capacitores	16,67			2	328
Capacitores	20,83			1	226
Capacitores	25			1	289
Capacitores	29,17			2	686
Controlador Automático del fdp				1	696
Manija extractora Fusible				2	63
Lámparas de 400 W				46	7.552
Pares de tubos de 36 W				8	363
					<b>39.520</b>

**Tabla 5.** Conductores.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UN-NE (con datos actualizados).

## ELEMENTOS DE MANIOBRA Y PROTECCIÓN

ELEMENTO	MODELO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (US\$)
Interruptor Termomagnético	C40-2	2	19
Interruptor Termomagnético	C32-3	1	16
Interruptor Termomagnético	C10-2	4	38
Interruptor Termomagnético	C16-2	7	66
Interruptor Termomagnético	C25-3	3	47
Interruptor Termomagnético	C10-3	1	16
Interruptor Termomagnético	C32-2	1	9
Interruptor Termomagnético	C40-3	2	31
Interruptor Termomagnético	C40-4	2	53
Interruptor Termomagnético	C50-3	2	31
Interruptor Termomagnético	C63-4	1	26
Interruptor Termomagnético	C63-3	2	31
Interruptor Termomagnético	C16-4	4	86
Contactador p/capacitores	CWM C9	2	90
Contactador p/capacitores	CWM C18	2	103
Contactador p/capacitores	CWM C25	4	344
Contactador p/capacitores	CWM C32	1	100
Contactador p/capacitores	CWM C65	2	227
Interruptor Diferencial (4P)	ID 25 A (30mA)	4	250

Interruptor Diferencial (2P)	ID 40 A (30mA)	1	43
Interruptor Termomagnético en caja Moldeada	ACW 250	2	750
Interruptor Termomagnético en caja Moldeada	ACW 160	1	203
Interruptor Termomagnético en caja Moldeada	ACW 400	2	1.407
Contactador	CWC07	14	657
Contactador	CWC09	1	40
Relé de Sobrecarga	RW17-1D3- C063	2	98
Relé de Sobrecarga	RW17-1D3-U010	1	55
Relé de Sobrecarga	RW17-1D3-U008	1	55
Fusible	NH-1 aM 100 A	2	45
Fusible	NH-1 aM 80 A	4	89
Fusible	NH-00 aM 10 A	4	38
Fusible	NH-00 aM 16 A	1	9
Fusible	NH-2 aM 224 A	2	59
Fusible	HH-55 16A	3	940
Fusible	NH-4 gTr 630kVA	3	1.781
Guardamotor	MPW12-3-D016S	10	1.016
Guardamotor	MPW12-3-D063S	2	203

**9.071**

**Tabla 6.** Elementos de maniobra y protección.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE (con datos actualizados).

## MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS

DENOMINACIÓN	PRECIO ENVÍO (US\$)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (US\$)
Separador Hilo Caliente	806	1	1.466
Trituradora de vidrio		1	2.345
Sierra Sensitiva		1	758
Sierra Sable		2	868
Amoladora		3	352
Recuperadora de Gas Bacharach FM3700	271	2	4.034
Garrafas para recuperación de Gas	58	4	1.269
Pinza estranguladora		2	141
Corta Perno N°42		1	130
Rasqueta de Acero 150 mm		2	23
Rasqueta de Acero 300 mm		2	27
Contenedor 240 lts		7	980
Contenedor 1100 lts		4	2.404
Elevador Michigan	4.092	1	26.102
Porta pallets		2	891
Zorra carro		2	170

Mesa de rodillos 1	5.812	1	10.568
Mesa de rodillos 2	12.400	1	22.545
Pre - Trituradora		1	22.691
Trituradora 1		1	16.182
Trituradora 2		1	44.180
Recicladora de Cables		1	26.384
Banda magnética		1	17.590
Separador Foucault		1	52.545
Vibrante Al / Cu		1	15.831
			<b>270.476</b>

**Tabla 7.** Máquinas y Herramientas.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE (con datos actualizados).

## CINTAS TRANSPORTADORAS

MATERIAL	UNIDAD VENTA	PRECIO UNITARIO (US\$)	CANTIDAD TOTAL (US\$)	COSTO TOTAL	FABRICANTE PROVEEDOR
Perfil UPN 220 - 12m	12	587	156,84	7.674	Hierros Líder
Perfil UPN 100 - 12m	12	157	285	3.731	Hierros Líder
Perfil UPN 80 - 12m	12	112	15	140	Hierros Líder
Perfil U 40x20x5 - 6m	6	35	17,16	101	Hierros Líder
Perfil IPB 160 - 12m	12	804	25,3	1.696	Hierros Líder
Perfil L 4"x5/16" - 12m	12	232	10,37	200	Hierros Líder
Perfil L 2"x3/16" - 6m	6	35	21,36	124	Hierros Líder
Perfil L 3"x3/8" - 12m	12	84	15,26	107	Hierros Líder
Caño estructural rectangular 40x100 e=2mm - 6m	6	16	40,2	111	Hierros Líder
Perfil L 5"x5/8" - 12m	12	347	8,2	237	Hierros Líder
Planchuela 2"x3/8" - 6m	6	35	8,28	49	Hierros Líder
Discos de chapa negra 5/16" - φ360	1	22	24	538	Bertoncini
Discos de chapa negra 5/16" - φ305	1	18	16	281	Bertoncini
Discos de chapa negra 5/16" φ205	1	10	16	163	Bertoncini
Discos de chapa negra 5/16" φ255	1	20	24	469	Bertoncini
Chapa negra e=3/16" - 1,5x3 m2	4,5	254	28,89	1.629	Bertoncini

Chapa negra e= 5/16" - 1,5x3 m2	4,5	426	2,72	258	Bertoncini
Barra de AC. 1010 D= 100 mm - 1m	1	98	3	293	Bertoncini
Barra de AC. 1040 D= 60 mm - 1m	1	195	0,725	142	Bertoncini
Barra de AC. 1040 D= 40 mm - 1m	1	180	40	7.192	Bertoncini
Rodillo B4-1-R-36	1	227	30	6.801	Innova Ingeniería
Rodillo B4-1-EE-36	1	227	24	5.441	Innova Ingeniería
Rodillo C4-1-R-18	1	166	24	3.987	Innova Ingeniería
Trío de rodillos C5-20-3-EE-36	1	301	17	5.117	Innova Ingeniería
Trío de rodillos C5-20-3-EE-18	1	250	24	6.004	Innova Ingeniería
Varilla roscada M16x2-350 mm	1 m	4	7	29	Ferretería El Molino
Tuerca M16x2	1	0,2	80	16	Bulonería Alvear
Tuercas M14x2	1	0,2	120	23	Bulonería Alvear
Tornillo M14x2-40	1	0,2	120	16	Bulonería Alvear
Arandelas M14x2	1	0,1	240	9	Bulonería Alvear
Tornillo M8x1,25-30	1	0,2	288	65	Bulonería Alvear
Tuerca M8x1,25-30	1	0,2	288	72	Bulonería Alvear
Arandelas M8x1,25	1	0,1	576	45	Bulonería Alvear

Tornillo M6x1-30	1	0,1	60	6	Bulonería Alvear
Tornillo M20x2,5-50	1	0,2	40	7	Bulonería Alvear
Tuercas M20x2,5	1	0,2	40	9	Bulonería Alvear
Arandelas M20x2,5	1	0,1	80	5	Bulonería Alvear
Autoperforantes 1/2"	1	0,1	264	25	Hierros Líder
Soporte Tensor TU-40-FJ	1	49	20	974	Chaco Rodamientos
Soporte p/ Rodamiento FY-40-FJ	1	43	20	860	Chaco Rodamientos
Soporte de pie SNA 509	1	37	20	743	Chaco Rodamientos
Cinta 900 mm	1 m2	292	89,91	16.808	Bec-Car
Cinta 400 mm	1 m2	99	19,2	8.068	Bec-Car
Cinta 300 mm	1 m2	80	8,88	5.547	Bec-Car
				<b>85.812</b>	

**Tabla 8.** Cintas transportadoras.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE (con datos actualizados).

## INSTALACIÓN NEUMÁTICA

ACCESORIOS/MAQUINARIAS	PRECIO UNITARIO (US\$)	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (US\$)
Destornilladores neumáticos	143	4	572
Llaves de impacto	278	2	557
Accesorios de herramientas	109	1	109
Compresor de Aire	2.467	1	2.467
Regulador de presión	94	3	281
Filtro de aire	106	3	317
Tuberías	4	60	211
Accesorios "Codos 90º"	3	4	11
Válvulas exclusas	9	1	9
Máquina Termofusinadora	172	1	172
Ménsulas porta tubería	6	19	111
Accesorio "T" de derivación	3	2	6
Manguera acople p/herramientas	18	6	107

**4.930**

**Tabla 9.** Instalación neumática.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE (con datos actualizados).

*Para el caso de las obras civiles, se tomaron en cuenta los valores a diciembre del año 2018, por lo que se tendría un costo de construcción total aproximada de US\$1.500.000.*

## **PERSONAL**

Considerando el ítem mencionado se tendrán en cuenta los operarios requeridos para la fabricación de las cintas transportadoras y de las instalaciones neumáticas (recordando la posibilidad de tercerizar el servicio por parte de empresas nacionales o internacionales). Dichos operarios serán requeridos sólo para la etapa de construcción de las instalaciones, debiendo contar con otro tipo personal para el normal funcionamiento de la planta.

Para estimar la cantidad de operarios necesarios para la actividad diaria se requiere contar con una capacidad de producción estimativa, para lo cual se calcula que se podrán procesar, como máximo, 7 toneladas por hora de residuos. Es necesario aclarar que nunca se llegará a contar con tal cantidad dentro de las instalaciones en forma simultanea, trabajando siempre con un 80 % de la capacidad de producción máxima de la misma.

Para finalizar, en el siguiente cuadro (tabla 10) se presenta la información de la cantidad de operarios requeridos, siendo necesario aumentar la cantidad de los mismos a los 8 años de haberse iniciado el proyecto.

	FASE DE INSTALACIÓN	FASE DE EJECUCIÓN		
		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
TORNEADOR	1			
SOLDADOR	1			
INSTALACIÓN NEUMÁTICA	1			
OPERARIOS GENERALES		8	17	27
EMPLEADOS ADMINISTRATIVOS		2	4	4
ELECTRICISTA (MANTENIMIENTO)		1	2	2
MECÁNICO (MANTENIMIENTO)		1	4	4

**Tabla 10.** Personal de la planta.

**Fuente:** Proyecto final de carrera de una Planta de Tratamiento de RAEE – FI-UNNE.

# BIBLIOGRAFÍA

Baldé, C. P., Wang, F., Kuehr, R. y Huisman, J. (2015). *The global E-waste monitor 2014: quantities, flows and resources*. Bonn: United Nations University. Recuperado de <https://i.unu.edu/media/ias.unu.edu-en/news/7916/Global-E-waste-Monitor-2014-small.pdf>

Bocero, S. y Natenzon, C. (2007). La dimensión ambiental del territorio en América Latina: aportes para su discusión. En: M. V. Fernández Caso y R. Gurevich. *La geografía hoy: nuevos temas, nuevas preguntas. Un temario para su enseñanza*. (pp. 65-96). Buenos Aires: Biblos.

Fernández Protomastro, G. (2007). *La cadena de valor de los RAEE: estudio sobre los circuitos formales e informales de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en Sudamérica*. Recuperado de <https://www.yumpu.com/es/document/read/15628306/informe-protomastro-raee-arg-centro-regional-sudamericano->

Fernández Protomastro, G. (2013). *Minería urbana y la gestión de los recursos electrónicos*. Buenos Aires: Grupo Uno. Recuperado de <https://sigraee.files.wordpress.com/2013/10/libro-raee-completo.pdf>

Greenpeace (2012). *Minería y basura electrónica: el manejo irracional de los recursos*. Recuperado de <https://www.greenpeace.org/archive-argentina/Global/argentina/report/2012/contaminacion/inform-raee-V-1.pdf>

Subirats, J., Knoepfel, P., Larrue, C. y Varonne, F. (2008). *Análisis y gestión de políticas públicas*. Barcelona: Editorial Ariel. Recuperado de [https://www.academia.edu/234911/An%C3%A1lisis\\_y\\_gesti%C3%B3n\\_de\\_pol%C3%ADticas\\_p%C3%BAblicas\\_Parte\\_1\\_See\\_parte\\_2\\_http\\_igop.uab.es\\_](https://www.academia.edu/234911/An%C3%A1lisis_y_gesti%C3%B3n_de_pol%C3%ADticas_p%C3%BAblicas_Parte_1_See_parte_2_http_igop.uab.es_)

Tufro, V. (2010). *Destino final de los equipos electrónicos obsoletos de usuarios corporativos de TIC en Argentina*. RELAC. Recuperado de [http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/tutorias2010/informe\\_tufro2.pdf](http://www.residuoselectronicos.net/archivos/documentos/tutorias2010/informe_tufro2.pdf)



Se terminó de imprimir en el mes de Agosto del 2019.

Secretaría de Extensión y Transferencia  
Impresiones de la Facultad de Ingeniería.

Av. Las Heras 727. Resistencia. Chaco.



Editorial Facultad de Ingeniería  
Secretaría de Extensión y Transferencia  
Av. Las Heras 727 - Resistencia - Chaco - Argentina

ISBN 978-987-45571-7-9

