



**TESIS DE GRADO
EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

*Investigación del Reciclaje de Placas Radiográficas y su
Aplicación en Argentina*

*Autora:
Marcela Silvia BERTONI*

*Director de Tesis:
Ingeniero Federico FILIP*

Año 2007

“... a mis padres por brindarme la educación que me permite entre otras tantas cosas estar escribiendo estas líneas”.

“... a mis hermanas, amigos y a todos los que me brindaron su apoyo incondicional para que este trabajo sea una realidad”.

RESUMEN EJECUTIVO

La producción, uso, reutilización y reciclaje de residuos sólidos juega un rol fundamental en el desarrollo económico de las sociedades, constituyendo una actividad de aporte significativo a la creación de riquezas y empleos de las naciones y sus habitantes.

En el mundo existe un creciente problema causado por la gran cantidad de residuos sólidos generados, que en general se depositan en rellenos sanitarios desaprovechando su potencial económico.

El fin de este trabajo es analizar la situación actual del reciclaje de placas radiográficas a nivel mundial y particularmente en Argentina. Es un claro ejemplo de la situación ya que la plata contenida en las placas es valiosa tanto como nociva para el medio ambiente.

El análisis de este problema indica que en los países desarrollados existe conciencia sobre el manejo de este residuo sólido, que no sólo resuelve el problema ambiental que acarrea su disposición final y la pérdida de recursos naturales que genera su producción; sino que incluso representa una alternativa explotable comercialmente.

En contraste, en países en desarrollo como Argentina el nivel de cultura en temas de reciclaje existente es bajo. La población no está concientizada sobre el deterioro del medio ambiente y las consecuencias directas que esto tiene sobre sus vidas. Esto se pone en evidencia en este trabajo tanto en el caso de los particulares que usan procesos de reciclaje (in-house) de manera indebida como en las mismas leyes medio ambientales, las cuales son poco precisas e incluso erróneas en ciertos aspectos.

ABSTRACT

The production, use, reuse and recycling of solid waste plays a fundamental role in the economic development of societies. It constitutes an important activity for the generation of wealth and jobs of the nations and its inhabitants.

There is a growing worldwide problem caused by increasing amounts of solid waste produced, which is then generally disposed of in landfills, subsequently missing an economic opportunity.

The objective of this work is to analyze the current status of radiological films recycling worldwide, particularly in Argentina. This presents a clear example of a missed opportunity for recycling, since the silver used in films is economically valuable, but presents detrimental effects to the environment.

The analysis of this problem shows that developed countries possess a higher global awareness with regards to processing of solid waste. This not only helps to solve the problem of its final disposal and the unnecessary consumption of natural resources for production, but also represents a viable commercial alternative.

On the other hand, in developing countries such as Argentina the cultural conscience regarding recycling efforts is low. The population is not fully aware of the detrimental effects to the environment and the direct consequences that this could bring to their lives. This will become evident through this work not only from the case of individuals using in-house recycling processes but also from current environmental legislations, which are imprecise and often wrong.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente la ayuda tanto de mi padre Ing. Leopoldo N. BERTONI cuya participación fue fundamental a la hora de realizar el estudio económico/financiero, como de mi hermana mayor Dra. Ing. Mariana I. BERTONI quien sirvió de guía para la integración armónica de los conceptos desarrollados y cuyo aporte fue esencial para el desarrollo de los contenidos químicos citados en este trabajo.

Marcela Silvia BERTONI

INTRODUCCIÓN AL TRABAJO	6
MOTIVACIÓN	7
METODOLOGÍA	8
CAPÍTULO 1	
SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR Y ANÁLISIS DE CONTEXTO	10
1.1 INTRODUCCIÓN A LA RADIOLOGÍA	10
1.2 INSTALACIONES RADIOLÓGICAS BÁSICAS	14
1.3 NORMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL	17
1.4 ZOOM IN: LA PLACA RADIOGRÁFICA EN DETALLE	19
CAPÍTULO 2	
PROCESOS Y EQUIPOS DESTINADOS A LA RECUPERACIÓN DE LA PLATA	28
2.1 IMPORTANCIA DE LA RECUPERACIÓN DE LA PLATA	28
2.2 REGULACIÓN SOBRE EFLUENTES LÍQUIDOS Y RESIDUOS ESPECIALES	32
2.3 SITUACIÓN EN ARGENTINA	47
2.4 PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE PLATA	53
2.5 PROCESOS MÁS DIFUNDIDOS PARA LA RECUPERACIÓN DE PLATA EN SOLUCIÓN	64
2.6 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO	76
CAPÍTULO 3	
PROPUESTA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA	84
3.1 CARACTERÍSTICAS NECESARIAS DE LA SOLUCIÓN	84
3.2 PROPUESTA	85
3.3 ESTUDIO DE INGENIERÍA, MATERIALES Y PROCESOS	87
3.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA	102
3.5 INGENIERÍA FINANCIERA	104
CONCLUSIONES	112
REFERENCIAS	114
BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN	118
ANEXO I	122
ANEXO II	124

INTRODUCCIÓN AL TRABAJO

El planeta ha sido maltratado por los seres humanos sometiéndolo a una gran sobreexplotación y contaminándolo de muchas formas: produciendo gases que polucionan el aire; residuos sólidos y líquidos que son arrojados al agua y al suelo sin ningún control.

La toma de conciencia sobre este problema ha generado movimientos a nivel mundial para detener el deterioro del medio ambiente y salvar así a nuestro planeta de su destrucción.

Hay un beneficio económico porque el reciclaje se está convirtiendo en una industria que crece día a día y beneficia a grandes sectores de la población que participan en este proceso.

En países desarrollados, se ha concientizado a la población acerca de los daños que genera la mala disposición de estos residuos sólidos, se han lanzado numerosas campañas para colectarlos y darles un tratamiento adecuado. Incluso se han generado empresas que se dedican exclusivamente a la extracción de la plata contenida mediante procesos especialmente diseñados.

A nivel local es poca la información que se posee. No existen empresas avocadas al reciclaje de este tipo de desechos, quienes lo llevan a cabo son particulares que utilizan procesos fuera de cualquier marco legal generando y liberando sustancias altamente nocivas tanto para el medio ambiente como para quien lleva a cabo dichos procesos.

Por otro lado, quienes desean desarrollar procesos “amigables” con el medio ambiente llegan a la conclusión de que este no es un proyecto redituable. Esto se debe principalmente a que, como se ha mencionado anteriormente, quienes se dedican a esto son particulares cuyo objetivo son algunos cientos Kg. de placas por mes de las cuales se desprende una cantidad mucho menor de plata y los equipos que actualmente se encuentran a la venta para el reciclaje requieren de grandes inversiones que no pueden ser solventadas por el reciclaje de tan reducida magnitud.

Lo cierto es que el problema puede solucionarse, y a partir de esa forma de resolverlo surge una oportunidad de negocio.

El presente trabajo parte de explicar la situación antes mencionada, introduciendo al lector al mundo de las placas y mostrándole cual es el estado real de la cuestión en el país para luego proponer un proceso “solución” para atender y aprovechar este problema.

La propuesta es evaluada en detalle, desde el aspecto técnico y económico para proponerse no solo como una mera idea sino como una real propuesta de innovación tecnológica.

MOTIVACIÓN

Los problemas ambientales se han tornado tan complejos que la mayoría de los individuos creen no tener efecto sobre ellos. Problemas como el calentamiento global, los residuos peligrosos, la pérdida de bosques, las especies en extinción, la lluvia ácida y la capa de ozono suenan como totalmente fuera de nuestro alcance.

La controversia sobre el costo beneficio de reciclar ha sido la razón principal de muchas empresas y gobiernos para evitar tocar el tema ambiental. En 1996 cuando el columnista del New York times John Tierney publicó en la revista del mismo diario un artículo titulado “Recycling Is Garbage” [1] la controversia explotó y a pesar de que al corto plazo generó un estancamiento en temas medioambientales también logró movilizar a muchos grupos a nivel mundial.

Se puede decir que durante la última década la toma de conciencia sobre este problema se ha globalizado y luego de muchos años de debate al respecto se está comenzando a observar una participación más activa tanto de gobiernos de países avanzados (ej. Suecia, Noruega, Alemania) como de países en desarrollo (ej. Rumania, India, Brasil). Sin duda esta participación esta basada en el beneficio económico que existe detrás del reciclaje, y se debe recordar que la conciencia colectiva y el reciclado a gran escala es lo que lo hace redituable.

El reciclaje es una industria en crecimiento con muchas oportunidades de negocios, desde la recolección y el procesamiento hasta la manufactura y diseño de nuevas tecnologías, y como cualquier otra tecnología debe ser limpia en si misma. El reciclado de un cierto tipo de desecho puede producir desechos de diferente naturaleza, y he aquí el desafío.

La motivación para este trabajo es justamente esa “mala praxis” del reciclaje. En la Argentina el reciclaje no ha adquirido su masa crítica causando que una infinidad de particulares utilicen el reciclaje de manera indebida, si bien recuperan la materia prima que de no ser extraída contaminaría al medio ambiente, en el proceso de recuperación liberan otras cuyos efectos sobre el medio ambiente y sobre su propia vida son aun más nocivos.

En particular, se ha elegido el caso de las placas radiográficas ya que todos los individuos a lo largo de su vida han estado en contacto con ellas y nunca se cuestionaron cuál es su disposición final, si es un elemento contaminante o si es valioso.

Lo cierto es que es un elemento peligroso que pasa desapercibido y que guarda una gran riqueza. Según se muestra en las tendencias de la Fig. 1.1 el precio de la plata por gr. en la última década se ha mantenido alrededor de 0.18 US\$/gr., en los últimos dos años ha tenido un abrupto crecimiento duplicando aquel valor y encontrándose actualmente en 0.48 US\$/gr. [2]. Esto demuestra que si el reciclaje diez años atrás era redituable hoy en día lo es aún más.

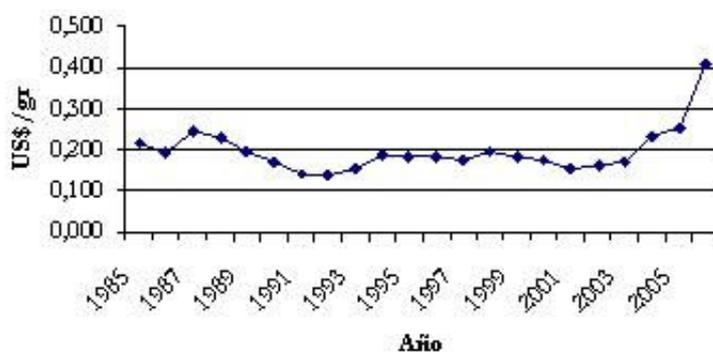


Fig. 1.1 Precio de la plata en US\$ por gramo

Año	Promedio US\$/gr
1985	0,217
1986	0,193
1987	0,248
1988	0,231
1989	0,194
1990	0,171
1991	0,143
1992	0,139
1993	0,152
1994	0,187
1995	0,184
1996	0,184
1997	0,173
1998	0,196
1999	0,184
2000	0,175
2001	0,154
2002	0,163
2003	0,171
2004	0,235
2005	0,255
2006	0,409

Tabla 1.1 Precio anual de la plata en el periodo 1985-2006

METODOLOGÍA

Este trabajo tiene como fin evaluar las diferentes alternativas y beneficios en la recuperación de la plata. La estrategia utilizada se basa en un estudio intensivo de la industria mundial en cuanto a best-practices y know-how existente en tema de tratamientos e impacto ambiental.

Se presentara consecuentemente la tecnología pre-existente en Argentina y sus implicancias ecológicas, y se propondrá una alternativa tecnológica óptima acorde a la realidad Argentina junto con la tentativa evaluación de costos.

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR Y ANÁLISIS DE CONTEXTO

1.1 INTRODUCCIÓN A LA RADIOLOGÍA

La radiología es la rama de la medicina que utiliza sustancias radioactivas, radiación electromagnética y ondas sonoras para crear imágenes del cuerpo, sus órganos y estructuras con fines de diagnóstico y tratamiento. Esta ciencia se descubrió hace poco más de 100 años y se ha convertido en una rama altamente tecnológica, que cuenta con el equipamiento más moderno para monitorear el buen funcionamiento del cuerpo.

Hasta el día de hoy existe gran preocupación acerca de los efectos secundarios potencialmente dañinos asociados con el uso de la radiación. A través de los años muchos investigadores se han dedicado a evaluar los peligros que acarrea esta tecnología ayudando a mejorar equipos y técnicas de protección [3]. Con los cuidados pertinentes en su uso la información obtenida y las beneficiosas terapias que la radiología proporciona siguen pesando más que los potenciales riesgos.

Entre las áreas de especialización de la radiología se incluyen cuatro métodos distintos:

La radiología diagnóstica, utiliza radiación externa para producir imágenes del cuerpo, sus órganos y estructuras internas con fines médicos de diagnóstico. Las técnicas de la radiología diagnóstica no suelen ser invasivas, lo que significa que no se introduce ningún elemento externo en el cuerpo ni se realiza ningún corte para la obtención de las imágenes.

La medicina nuclear, utiliza cantidades muy pequeñas de materiales radioactivos (líquidos de contraste) para crear una imagen del cuerpo y estudiar la función de los órganos internos, con fines de diagnóstico y tratamiento.

La radiología terapéutica, u oncología radioterápica utiliza aplicaciones de energía radiante para estudiar, tratar y controlar enfermedades como el cáncer.

La radiología intervencionista, utiliza diversas técnicas de imagen para guiar la inserción de pequeños instrumentos y herramientas a través del cuerpo con el fin de identificar y tratar un trastorno médico sin necesidad de cirugía convencional.

1.1.1 Rayos-X y sus propiedades

Los Rayos-X (RX) fueron descubiertos por Wilhem C. Röntgen en 1895 cuando observó que diferentes sustancias fluorescían y presentaban distintas transparencias a

un haz de rayos generados en un tubo de descarga. La famosa fotografía de la mano de su esposa mostrando las distintas penetraciones de los rayos a través de los tejidos del cuerpo (Fig. 1.2) no solo le valió el premio Nobel de física en 1901 pero también fue el inicio de la radiología como ciencia de diagnóstico.



Fig. 1.2 Fotografía (Rayos-X) tomada por W. C. Röntgen de la mano de Albert von Kolliker's en 1896

Los Rayos-X forman parte del espectro de radiaciones electromagnéticas con una longitud de onda entre 10 y 0.01 nm.. La Figura 1.3 muestra dicho espectro donde se puede observar la ubicación de los Rayos-X con respecto al resto de las radiaciones a las que estamos expuestos.

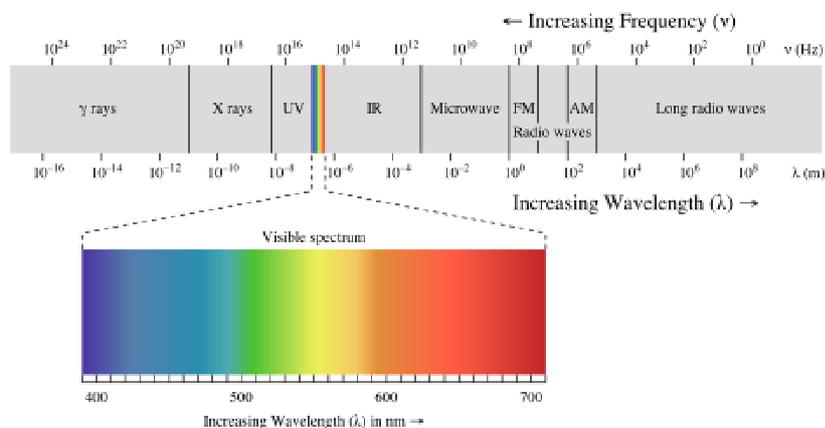


Fig.1.3 Espectro Electromagnético

Los Rayos-X se originan al acelerar electrones y hacerlos chocar con un blanco metálico, dependiendo del material del blanco será la longitud de onda de los rayos producidos. La diferente longitud de onda de la radiación determina la calidad o dureza de los Rayos-X. Cuanto menor es la longitud de onda, mayor es la energía de los Rayos-X (como lo muestra la fórmula 1.1) y así la radiación se denomina más dura (con mayor poder de penetración). De forma contraria los rayos con baja energía se denominan "radiación blanda".

$$\lambda = c \cdot \nu / E \quad (1.1)$$

Donde λ es la longitud de onda, c la velocidad de la luz, ν la frecuencia y E la energía de la radiación.

Propiedades de los Rayos-X:

Poder de penetración: los Rayos-X tienen la capacidad de penetrar en la materia.

Efecto luminiscente: los Rayos-X tienen la capacidad de que al incidir sobre ciertas sustancias, éstas emitan luz.

Efecto fotográfico: los Rayos-X tienen la capacidad de producir el ennegrecimiento de las emulsiones fotográficas, una vez producido el revelado de las mismas.

Efecto ionizante: los Rayos-X tienen la capacidad de ionizar los gases (*Ionización:* acción de eliminar o añadir electrones).

1.1.2 Descripción general de las imágenes radiológicas

Los diversos tipos de procedimientos radiológicos pueden agruparse según la forma en que se producen las imágenes: imagen por transmisión, imagen por reflexión o imagen por emisión.

Imagen por transmisión

Los Rayos-X, la Tomografía Computarizada (CT) y la fluoroscopia son exámenes radiológicos cuyas imágenes se producen por transmisión. En las imágenes por transmisión, se produce un rayo de fotones de alta energía que se pasa a través del cuerpo bajo estudio. El rayo pasa muy rápido a través de los tipos de tejido menos densos, como las secreciones acuosas, la sangre y la grasa, dejando un área oscurecida en la película de Rayos-X. De la misma manera los tejidos conectivos y musculares (ligamentos, tendones y cartílago) aparecerán en gris y los huesos aparecerán en blanco.

Imagen por reflexión

La imagen por reflexión se refiere al tipo de imagen producida al enviar sonidos de alta frecuencia a la parte del cuerpo u órgano que se está estudiando. Estas ondas sonoras "rebotan" en los diversos tipos de tejidos a velocidades variables, dependiendo de la densidad de los tejidos presentes. Las ondas sonoras que "rebotan" se envían a una

computadora que analiza las decodifica produciendo una imagen visual del cuerpo bajo estudio. La ecografía es un ejemplo de imagen por reflexión.

Imagen por emisión

Los estudios de contraste o de resonancia magnética son un tipo de imagen por emisión, donde el área en estudio emite la radiación a analizar. En el caso de los líquidos de contraste, los estudios de medicina nuclear utilizan la emisión de partículas nucleares procedente de isótopos radioactivos introducidos en el cuerpo específicamente para el examen. Por otro lado, los estudios de imágenes por resonancia magnética (su sigla en inglés es MRI) se obtienen utilizando un imán potente para provocar diferentes modos de vibración en los distintos tejidos del cuerpo que son captados por una antena y analizados por computadora.

1.1.3 Formación de la imagen radiológica

Como ya se menciona anteriormente para producir Rayos-X primeramente se necesita una fuente de electrones que choque contra una placa metálica con suficiente energía. El tubo de Rayos-X (Fig. 1.4) es básicamente un vidrio (una ampolla de cristal) sellado al vacío, conteniendo en su interior un electrodo negativo llamado cátodo, y uno positivo llamado ánodo. En el cátodo hay un filamento (generalmente un alambre de tungsteno) que emite electrones cuando se calienta, los cuales son enfocados para chocar contra el ánodo en una zona llamada foco. De esta zona surge el haz de Rayos-X (radiación incidente), que se dirige al objeto en estudio (el cuerpo humano en nuestro caso). Esta cantidad de rayos que atraviesa al objeto se puede visualizar como imagen permanente en una placa radiográfica, o bien como imagen transitoria en una pantalla fluoroscópica.

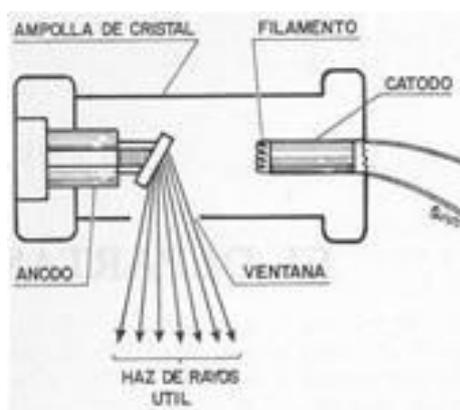


Fig. 1.4 Tubo de Rayos-X

Proceso simplificado de obtención de una radiografía:

1. Producción de Rayos-X en el tubo.

2. Selección del área a radiografiar (por medio de la colimación, que es el seccionamiento del área del cuerpo a analizar).
3. Los Rayos-X se atenúan al atravesar un cuerpo.
4. Los rayos llegan al chasis, donde por la acción de las pantallas reforzadoras (construidas con sustancias fluorescentes, que se iluminan al incidir los Rayos-X) se produce una imagen latente en la película radiográfica.
5. Procesamiento de la película radiográfica.
6. Obtención de una placa que nos muestra imágenes del área estudiada.

1.2 INSTALACIONES RADIOLÓGICAS BÁSICAS

Todo hospital o clínica radiológica que ofrece un servicio radiológico especializado posee distintas salas:

- Radiología convencional
- Resonancia magnética nuclear
- TAC (tomografía axial computarizada) o sala de scanner
- Radiología intervencionista (angiografía)
- Ecografía

Dentro de una sala de radiología convencional tipo se encuentran:

➤ MESA DE CONTROL

En la mesa de control se concentran tanto los mandos de ajuste de los valores de exposición como algunos de los necesarios para el manejo de la mesa del paciente [4].

➤ PEDESTAL

El pedestal es el mecanismo que soporta y mantiene fijo al tubo de RX.

Dentro de las configuraciones más sencillas se encuentra aquel cuya columna y carril apoyan en el suelo. Otros modelos más complejos y que permiten mayor movilidad,

cuelgan desde el techo. De este modo, según la posibilidad de desplazamiento de los aparatos de RX. se clasifican en:

PORTATILES son aquellos que se emplean en centros de diagnóstico para la realización de radiografías a pie de cama. Los mismos son de baja potencia y deben utilizarse extremando las medidas de protección.

FIJOS son aquellos que no pueden ser trasladados [5].

➤ **GENERADOR**

Es el conjunto de circuitos eléctricos que separa la electricidad que llega a una sala de RX. y la que es alimentada al tubo de alto voltaje. En otras palabras, es la alimentación eléctrica del tubo de Rayos-X [6].

➤ **TUBO DE RX**

Es realmente el lugar donde se produce la radiación (energía electromagnética) [7].

➤ **MESA DE BUCKY**

La mesa de bucky es la que mantiene al paciente en la posición que requiere la exploración radiológica a la que se somete. La misma puede ser fija o móvil. Si es fija, el paciente debe desplazarse coordinando con el tubo de RX. para las distintas proyecciones [8].

Posee 3 componentes básicos:

BASE es la estructura ubicada por debajo de la mesa que soporta el peso de toda la mesa bucky (allí es donde se encuentra la fuente de alimentación en caso de que la mesa sea móvil).

TABLERO es donde se apoya el paciente y donde coliman los rayos generados. El mismo se ubica ensamblado sobre la base y puede moverse longitudinal y transversalmente.

BANDEJA (o Portachasis) se encuentra colocada entre el tablero y la base y puede desplazarse manual o automáticamente sobre su carril.

Asimismo, existe la posibilidad de que la mesa de Bucky sea del tipo “mural o de pared” cumpliendo con la misma función. Bajo esta nueva condición los 3 componentes se dispondrán como se explica a continuación:

BASE está fijada a la pared y es la que en última instancia frena los Rayos-X.

TABLERO es la sección cuadrada donde se apoya el paciente.

BANDEJA está adherida al tablero de tal manera que el movimiento es conjunto.

➤ **CHASIS. MALETA O ARMADURA**

Puesto que las películas radiográficas son fotosensibles, deben ser protegidas de los rayos luminosos. Para cumplir con este cometido se emplea el chasis, que es una caja plana metálica, de plástico o de cartón, como se muestra en la Fig. 1.5 [9].



Fig. 1.5 Películas radiográficas en chasis

Estas cajas se encuentran cerradas herméticamente impidiendo cualquier tipo de contacto con el exterior, y asegurando así el contacto óptimo entre la película y las placas antidifusoras. Es de suma importancia que permanezcan siempre cerrados excepto cuando la película vaya a revelarse. Existen chasis de distintos tamaños según su aplicación, a la hora de utilizar alguno se lo selecciona en función de la región a ser estudiada.

Entre las medidas estándar se encuentran:

13 X 18 cm. su principal uso es para radiografiar los dedos de la mano y del pie.

18 X 24 cm. se utilizan para radiografiar una mano, muñeca, pie, tobillo y los huesos nasales.

24 X 30 cm. se utilizan para radiografiar todas las estructuras craneales, el hombro y la rodilla en sus distintas proyecciones, la escápula, clavícula, codo, ambas manos, pies, muñecas, tobillos, la columna cervical, el sacro y cóccix (este tamaño es el más empleado en la sala de Rayos-X).

30 X 40 cm. se utilizan para radiografiar la columna dorsal, el húmero, el cúbito, el radio, la tibia y el peroné, y con menor frecuencia el sacro, ambos codos, ambas rodillas y hombros.

35 X 43 cm. es el único cuya utilidad es exclusiva para proyecciones concretas del tórax. También se emplean para radiografiar la columna lumbar, la articulación de la cadera, pelvis, fémur y el abdomen.

24 X 90 cm. dadas sus dimensiones no puede introducirse en la bandeja, por este motivo se emplea un soporte especial que se colgará en el bucky mural. Su uso primordial es para las llamadas telerradiografías o radiografías de la columna completa.

1.3 NORMAS DE PROTECCIÓN Y CONTROL

Están implicados en el cumplimiento de las normas de protección radiológica los radiólogos y todo tipo de personal que trabaje en esta área sanitaria.

Para cumplir con la protección radiológica y garantizar la calidad del servicio existen normas aplicadas tanto a la sala donde se encuentra el equipo y al equipo en sí como normas operacionales para el correcto funcionamiento de esta unidad [10].

NORMAS DE PROTECCION DE LA SALA

Existen 3 factores importantes a tener en cuenta en lo que concierne a la protección radiológica: la distancia, el tiempo y los blindajes.

BLINDAJE: es el material interpolado entre el tubo de Rayos-X y el profesional expuesto y su entorno en general. El objetivo del mismo es lograr que no se sobrepase una dosis determinada de radiación (cada instalación tiene una dosis máxima conocida).

A continuación se especifican los distintos tipos de blindajes presentes en una sala:

PAREDES: son las barreras primarias. Generalmente la pared esta compuesta exclusivamente de hormigón o de ladrillo macizo haciendo innecesario emplomarlas, en ocasiones en que el espesor no cumple con el mínimo necesario se utilizan planchas de plomo de 2mm de espesor como barrera primaria.

PUERTAS DE ACCESO: estas están siempre plomadas y debe calcularse con gran precisión la cantidad de plomo necesaria ya que dan a pasillos de libre entrada y a otras áreas donde se encuentran pacientes.

VENTANAS DE OBSERVACION: estas ventanas dividen la sala de exposición y la cabina en la que se encuentra la mesa de control. Las mismas son de vidrio plomado con el fin de proteger a los profesionales expuestos a la radiación durante la jornada laboral.

NORMAS DE PROTECCION DE LA INSTALACION O EQUIPO

FILTRACIÓN DEL HAZ: se encuentra establecido para toda instalación convencional que la filtración mínima inherente (permanente) sea de 1.5 mm. de aluminio.

La filtración total mínima obligatoriamente debe ser de 2.5 mm. de aluminio. Esta es la regla general que se aplica cuando en una instalación el kVp. es superior a 110 kV., lo que se da en casi todas las instalaciones convencionales. Si la instalación trabaja con 1 kV. por debajo a 110 se colocan filtros móviles.

RADIACIÓN DE FUGA: es la radiación que se escapa del tubo durante la exposición y no puede ser controlada.

COLIMACIÓN: debe verificarse periódicamente la coincidencia entre el haz luminoso del colimador y el haz de radiación en cuanto al centro y tamaño. El error de coincidencia de los márgenes debe ser menor que 1 cm..

Requisitos de la mesa de control:

- Los valores de exposición, kV., mA. y tiempo, deben ser conocidos en todo momento.
- Al efectuarse la exposición y en el transcurso del tiempo que ésta dure, debe haber una señal visual y audible en la mesa de control.
- Con respecto al botón de preparación de exposición:
- No puede estar colocado en la sala de Rayos-X
- Debe permanecer operativo únicamente mientras se lo presiona
- En caso de que se continúe pulsándolo no puede producirse repetición involuntaria de disparos

NORMAS OPERACIONALES

Antes de comenzar el estudio debe cerciorarse que las puertas están cerradas. El paciente debe entrar a la sala a través de la cabina-vestuario. La misma estará blindada en la parte adyacente a la sala.

- Se recomienda que el técnico prepare los equipos para el estudio mientras el paciente se alista.
- Durante la exploración nadie excepto el paciente puede permanecer en la sala.
- Una vez que el paciente se ha ubicado en la posición adecuada, el técnico debe colimar el haz.
- El técnico deberá indicar claramente al paciente lo que debe hacer cuando se le avise.

Nota: El riguroso proceso de seguridad y la complejidad que trae aparejado el manejo de estos equipos y materiales nos habla de que este no es un material cualquier sino que merece una gran atención.

1.4 ZOOM IN: LA PLACA RADIOGRÁFICA EN DETALLE

1.4.1 *Cómo esta constituida una película y su clasificación*

Es una lámina de diferentes tamaños, tiene una base de acetilcelulosa, material plástico indeformable, de un cierto grado de transparencia y de una dimensión determinada que en que su superficie esta cubierta por una emulsión de sales de plata (cloruros, yoduros o bromuros) en un medio gelatinoso.

Si se hace un diagrama de una sección transversal de cualquier película radiográfica se observa:

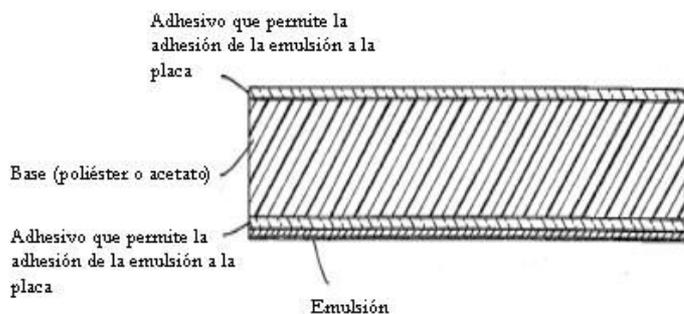


Fig. 1.6 Esquema de la placa

- La base o soporte de poliéster o acetato de 0.19177 mm. de espesor.
- Una o dos capas, según corresponda, de 0.004445 mm. de espesor de adhesivo (cloruro de polivinilideno) que permite la adhesión de la emulsión de haluros a la base.
- La superficie inferior y superior de este corte van a estar impregnadas según corresponda por una emulsión de sales de plata (bromuros de plata, AgBr) en suspensión gelatinosa, los gránulos de estas sales son de diferentes tamaños dispuestos de forma arbitraria.
- Sobre esta emulsión hay una capa de gelatina delgada y transparente que protege a la emulsión durante la manipulación de la película para evitar contaminación con la humedad o grasa de los dedos cuando se esta manipulando en el cuarto oscuro.
- Por lo general, la emulsión se encuentra en capas de 0.00254 mm. de espesor. Al colocar la emulsión en ambos lados se duplica la cantidad de haluros de plata sensibles a la radiación y consiguientemente aumenta la velocidad de la película.

Las capas de la emulsión son lo suficientemente delgadas para que el revelado, fijado, y el secado puedan ser llevados a cabo en un tiempo razonable. Existen pocos tipos de películas utilizadas como radiografías que poseen solo un lado emulsionado produciendo imágenes de gran detalle.

Ahora según el grado de sensibilidad las películas se clasifican según las siguientes siglas internacionales:

1.- Lentas o A y B

2.- Intermedias o C

3.- Rápidas o D

4.- Ultra rápidas o E

En las películas lentas el tamaño de los gránulos de bromuro de plata es pequeño, en las Intermedias el tamaño es algo mayor, en las Rápidas es más grande y en las Ultra rápidas es bastante más grande. A medida que el tamaño de los gránulos va incrementándose se pierde resolución y el detalle de imagen se va alterando, de manera que las películas Lentas necesitan mucho tiempo de exposición, una respuesta muy baja pero una imagen muy buena y un detalle muy bueno. En cambio las películas Ultra

rápidas tienen un tiempo de exposición muy corto, su velocidad es muy rápida, su respuesta es muy rápida, pero la imagen no es tan detallista comparativamente con la de las películas lentas. Actualmente se fabrican películas super-rápidas para menor tiempo de exposición a la radiación para el paciente, por lo tanto mayores beneficios, que la imagen pierda un poco de detalle no es relevante para esta aplicación porque siempre es compatible con un buen diagnóstico.

1.4.2 Selección de la película

La selección de la película a la hora de radiografiar un componente en particular depende de distintos factores.

A continuación se listan algunos de estos factores que deben ser considerados al seleccionar una película y al desarrollar una técnica radiográfica.

- ✓ Composición, forma y tamaño de la parte que será examinada y, en algunos casos, peso y ubicación.
- ✓ Tipo de radiación utilizada, si son Rayos-X de un generador de Rayos-X o rayos gamma de una fuente radioactiva.
- ✓ Kilo Volts disponibles con el equipo de Rayos-X o la intensidad de la radiación gamma.
- ✓ Importancia relativa de altos detalles radiográficos o resultados rápidos y económicos.

1.4.3 Protección y cuidado de las películas

Packaging de la película

Las películas radiográficas pueden ser compradas con diversas opciones de packaging. El formato más común es como hojas individuales en una caja hermética. Cada caja viene con 100 placas vírgenes envueltas en papel amarillo de seguridad y en ese estado cada caja pesa tres Kg. aproximadamente.

Al prepararlas para su uso, cada película debe ser cargada dentro del chasis en el cuarto oscuro de modo de protegerla de la exposición a la luz. Las placas están disponibles en una gran variedad de tamaños y pueden ser compradas con o sin papel separador. Los paquetes que poseen papel separador, poseen una capa de papel que separa cada película, el mismo debe ser retirado antes de colocar la película dentro del chasis. Muchos usuarios encuentran útil a este papel separador para el manejo de las placas y a

su vez ofrece cierta protección contra rayaduras y suciedad presente en su manipulación.

Las películas también están disponibles en el mercado de manera individual, en sobres (Fig. 1.7). Esta película puede ser expuesta de cualquiera de sus lados sin ser removida de su empaque protector. Posee una tira transversal en su extremo que al tirar de la misma permite sacar fácilmente la película para que sea procesada en el cuarto oscuro. Este tipo de packaging tiene la ventaja de eliminar el proceso en el cuarto oscuro de cargar las placas en el chasis. A su vez, la película está completamente protegida de huellas digitales y polvo hasta que es extraída del sobre para su procesamiento.



Fig. 1.7 Películas AGFA-Gevaert con sus distintas capas de protección.

Las películas también se encuentran disponibles en rollos empaquetados, esto permite que técnico corte la película de la longitud deseada. Los extremos de este packaging son sellados en el cuarto oscuro con cinta aisladora. En aplicaciones como radiografías de soldaduras circunferenciales y estudio de largas juntas en los fuselajes de aviones, largas longitudes de película ofrecen una gran ventaja económica.

Las películas empaquetadas en sobres pueden ser compradas con la placa comprendida entre dos pantallas de óxido de plomo. Las pantallas funcionan como reductoras de la dispersión de radiación a niveles de energía por debajo de 150 keV. y como pantallas intensificadoras sobre 150 keV..

FILTROS

El filtro es un material de capas uniformes situado entre la fuente de radiación y la película [11]. Su finalidad es absorber la componente más débil de la primera radiación. Al disminuir la dispersión, se obtiene un incremento en el contraste.

El espesor y material del filtro, variarán dependiendo del material que va a radiografiarse, el espesor del mismo, la variación de espesor del material, del espectro de energía de la radiación usada y del mejoramiento deseado (incremento o decremento del contraste).

ALMACENAMIENTO DE LAS PELICULAS NO PROCESADAS

Dado que las películas no expuestas deben ser protegidas de los efectos de la luz, presión, calor excesivo, humedad excesiva, vapores de gases o radiación penetrante deben ser almacenadas correctamente. El almacenamiento debe ser sobre la base de "primeras entradas", "primeras salidas" [12].

PRUEBA DE LAS LUCES DE SEGURIDAD

El manejo de las películas debe ser llevado a cabo bajo las condiciones de luces de seguridad recomendadas por el fabricante [13].

LIMPIEZA Y MANEJO DE LAS PELICULAS

A fin de obtenerse una radiografía de buena calidad debe practicarse una buena limpieza. Deben mantenerse limpios tanto la superficie de la mesa de carga y el chasis como las pantallas ya que la humedad retenida en estos dos últimos puede causar exposición afectando el procesado de la radiografía, por otro lado, la suciedad puede ser transferida a la mesa de carga y subsecuentemente a otra película o pantalla [14].

En lo que concierne al manejo de las películas, las mismas deben manejarse sólo por sus orillas con las manos limpias y secas evitando en todo momento presión excesiva, manejo brusco o que se doblen.

1.4.4 Procesado de la película

Para obtener una buena radiografía debe prestarse especial cuidado al llevar a cabo el procesado de la misma. El mismo puede realizarse de modo manual o automático.

PROCESADO AUTOMÁTICO

Al procesar las películas en este modo, el procesador es el que mantiene automáticamente la solución química a una temperatura adecuada, agita y abastece las soluciones y transporta las películas mecánicamente a una velocidad controlada cuidadosamente a través del líquido revelador, el lavado, el secador y las saca a través de una ranura finalmente seca en un proceso que dura entre 5 a 7 min. en total [15].

PROCESADO MANUAL

Esta sección comprende las etapas para un método aceptable de un procesado manual llevado a cabo en el cuarto oscuro con la luz de seguridad [16].

Preparación

Antes de comenzar con el proceso de revelado, se dispone cada película en los ganchos y se agitan las soluciones reveladoras. Debe tenerse en cuenta que no deben procesarse más películas que las que pueden acomodarse en la cuba de revelado con una separación mínima de 15 mm..

Inicio del revelado

Debe tomarse el tiempo de inicio y colocar las películas en la cuba. Como se ha mencionado anteriormente debe verificarse la separación mínima entre ellas y agitar el baño en dos direcciones durante 15 seg..

Revelado

El revelador tiene sustancias reductoras que van a actuar sobre los gránulos de bromuro de plata (AgBr) reduciendo el ión plata a plata metálica.

Componentes:

- Elon
- Metol
- Hidroquinona
- Sulfito de Sodio
- Carbonato de Sodio

Combinados el Elon con la hidroquinona dan la precipitación de la plata metálica en los gránulos que fueron sensibilizados. El Elon produce el revelado superficial de la película de los gránulos y la hidroquinona el revelado más a fondo de las sales de plata.

El tiempo que toma revelado es de aproximadamente 5 a 8 minutos a una temperatura constante de 20 °C.

Agitación

Con el fin de ayudar y agilizar el revelado, la película debe ser movida horizontal y verticalmente durante unos segundos por cada minuto durante el revelado.

Baño "detenedor" o de enjuague

Una vez culminado el revelado debe neutralizarse la actividad del revelador sobre la emulsión. Esto se logra por el baño "detenedor" ácido y de ser imposible, debe emplearse un enjuague con agitación vigorosa, utilizando agua limpia.

Fijado

El Fijador o Aclarador de la película remueve el bromuro de plata que no se reveló durante la exposición.

Componentes:

- Tiosulfato de Sodio (fijador)
- Sulfito de Sodio (preservante)
- Ácido Acético (acidificador)
- Alumo Potásico (endurecedor)
- Agua (solvente)

En el fijado debe prestarse atención para impedir que las películas se toquen unas con otras. Es aconsejable desplazar repetidamente los ganchos verticalmente por un tiempo de 10 seg. y otra vez al final del primer minuto con el fin de obtener una fijación rápida y uniforme.

Fijador neutralizante

El empleo de un neutralizador entre la etapa de fijación y el lavado permite un ahorro tanto de tiempo como de cantidad de agua necesaria.

Lavado

La eficiencia de esta etapa está estrechamente ligada con la cantidad de agua, temperatura, flujo y tipo de película que está siendo tratada. Generalmente el lavado es muy lento a temperaturas por debajo de los 16 °C. En el caso en que la temperatura exceda los 30 °C debe tenerse a las películas en agua el tiempo mínimo necesario.

Las películas deben ser lavadas en baños "nuevos", es decir, que no estén contaminados por películas recién extraídas del fijador. En esta etapa también debe prestarse atención

a la proximidad entre películas ya que si las mismas están demasiado juntas provocará que el lavado sólo sea parcial, requiriendo que sean lavadas nuevamente.

Agente humectante

A modo de facilitar un secado uniforme, debe introducirse las películas en un agente humectante por no más de 30 seg.. De esta manera, el agua escurre de forma pareja a lo largo de la película.

Secado

El secado es función de la película en sí, del procesado (dureza con la que queda la película después del lavado y uso del agente humectante) y del aire de secado. En todo momento, y como se ha mencionado en etapas precedentes, a lo largo del proceso debe mantenerse la película firme en los ganchos de modo que no se toquen unas con otras.

El secado puede realizarse de modo manual o con circulación forzada mediante el empleo de un ventilador con aire seco a temperatura ambiente o elevarla hasta 60 °C. Debe evitarse en todo momento secar a temperaturas superiores a 60 °C y baja humedad ya que esto puede dar como resultado un secado no uniforme.

CAPÍTULO 2

PROCESOS Y EQUIPOS DESTINADOS A LA RECUPERACIÓN DE LA PLATA

2.1 IMPORTANCIA DE LA RECUPERACIÓN DE LA PLATA

Todas las películas radiográficas que han sido o no expuestas, poseen plata en la forma de iones o plata metálica.

Existen tres razones principales para recuperar la plata:

Económicas: la plata es un metal valioso con una demanda y precio crecientes.

Protección ambiental: tanto en el país como en el mundo los desechos como las placas radiográficas son considerados residuos peligrosos. La disposición final en rellenos sanitarios o basureros no es lo apropiado debido a la rápida lixiviación de los materiales activos de las placas a través del suelo.

Recursos naturales: la plata es un recurso natural cuya demanda actual es mayor que su producción. Una ventaja de recobrarla es reducir la sobreexplotación de este recurso.

Objetivos de un Proyecto de Reciclado:

Calidad de Vida

- Evitar la contaminación y degradación del medio ambiente
- Ahorrar materias primas y energía, mediante el reciclado
- Preservar los recursos naturales

Sociales

- Crear empleos en una actividad útil
- Fomentar la conciencia ecológica de la población
- Mejorar la calidad de vida de la población

Políticos

- Utilizar tecnologías de última generación
- Servir de referente para proyectos similares
- Realzar la ciudad con un proyecto ambiental

Económicos

- Pretender el autofinanciamiento operativo a mediano plazo
- Evitar la desvalorización de los terrenos con basurales
- Crear procesos de producción con los materiales recuperados.

2.1.1 Efectos de la plata sobre la salud y el medio ambiente

Los efluentes de los establecimientos de fotoacabado están regulados por los gobiernos nacionales y estatales limitando la cantidad, en concentración o en masa de diferentes compuestos químicos, incluyendo la plata. Las regulaciones en cuanto a la concentración admisible de plata varían de país en país y suelen basarse en las consecuencias que tienen sobre el medio ambiente los efluentes de distintas configuraciones de plata. Para poder comprender las posibles consecuencias que tiene un químico en el medio ambiente, es fundamental conocer la forma de la plata presente (ya que cada compuesto de plata posee una toxicidad diferente) y la concentración (dado que toda toxicidad depende de la dosis).

Varios compuestos de plata son importantes en la fabricación y el procesamiento de materiales fotográficos.

El proceso de fabricación comienza con el metal de plata. En primera instancia el metal de plata es convertido en nitrato de plata (AgNO_3), luego durante la preparación del material fotográfico, el nitrato de plata es convertido en haluro de plata (preferentemente cloruro de plata, pero puede ser bromuro o yoduro). Estas sales poseen una solubilidad en agua muy baja y son el material fotosensible que se encuentra en películas y papeles que no han sido procesados. El cloruro de plata es un sólido blanco que expuesto a la luz se torna azul oscuro debido a la formación de plata metálica y iones cloruro.

Durante el fotograbado, por medio de la formación de un compuesto químico de plata, alguna (para el fotograbado en blanco y negro) o toda (para el fotograbado a colores) la

plata es erradicada de la película o el papel durante el proceso de fijación, pasando a la solución fijadora.

La pequeña cantidad de plata que es eliminada como desagüe de las plantas de tratamiento a las extensiones de agua, es en la configuración de compuestos de plata unidos que son solubles o formas insolubles de plata tal como sulfuro.

Los compuestos solubles de plata puede reaccionar con una variedad de sustancias naturales contenidas en el agua, tanto materia orgánica como partículas y iones. La mayoría de estas reacciones convierten a estos compuestos solubles en insolubles erradicándolos del efluente. Los compuestos de plata insoluble se asientan en el fondo (sedimentación) de tanques, cañerías o instrumental. Debido a esto el contenido de plata en los efluentes de las plantas de tratamiento es fácil de controlar.

Toxicidad es la medida usada para determinar la consecuencia química desfavorable en un organismo y está gobernada por varios factores incluyendo la composición química y la cantidad presente en el organismo. Los distintos compuestos de plata muestran diferentes grados de toxicidad. La plata que es soluble en agua, y la cual no está unida a ningún otro átomo o ión en solución (plata sin unión, plata iónica o ión de plata hidratada) es la forma más tóxica de este elemento. Por otro lado, los compuestos que no producen una concentración considerable de plata sin unión en el agua, como el sulfuro o el tiosulfato de plata, son considerados muchos órdenes de magnitud menos tóxicos.

Dado que la plata tiende a formar químicos insolubles en el agua, la probabilidad de que un organismo sea afectado a largo plazo es mínima. Sin embargo, hay alguna evidencia que algunos mariscos absorben plata gradualmente, pero los niveles observados no afectan negativamente a los mismos.

Como se ha comentado la mayoría de las sales de plata son venenosas y pueden ser carcinógenas. Los compuestos que contienen plata pueden ser absorbidos por el sistema circulatorio y depositarse en diversos tejidos provocando argiria, que es un descoloramiento azul-grisáceo de la piel y otros tejidos. Las exposiciones a niveles de plata menores también pueden producir depósitos de plata en la piel y en otras partes del cuerpo; sin embargo, este tipo de exposición no ha demostrado ser letal.

La exposición a niveles altos de plata en el aire ha producido problemas respiratorios, irritación de la garganta y el pulmón y dolores de estómago. En cierta gente, el contacto de la piel con la plata puede causar reacciones alérgicas leves, tales como salpullido, hinchazón e inflamación.

Estudios en animales han demostrado que tragar plata produce depósitos de plata en la piel. Un estudio en ratones demostró que los animales expuestos a la plata en el agua de beber eran menos activos que los animales que no fueron expuestos.

Desde el punto de vista eco-toxicológico se encuentra basta bibliografía donde se sugiere que la responsable de la toxicidad de la plata es adjudicable a su forma iónica monovalente (Ag^+) [17]. La toxicidad de la Ag^+ parece estar asociada a su unión con determinados lugares dentro de las branquias de peces de agua dulce. Esta unión genera una deficiencia de iones sodio y cloruro ya que la incorporación de los mismos se ve reducida mediante la inhibición de la actividad de la enzima sodio-potasio-adenosintrifosfatasa. Esto, a su vez, causa una pérdida neta de iones del plasma sanguíneo, fallas circulatorias por el colapso de la regulación del volumen de fluido y, finalmente, la muerte del pez [18].

Se han realizado ensayos de toxicidad para las distintas sales de plata, en los mismos se observa que al utilizar nitrato de plata la toxicidad es varios órdenes de magnitud superior a la observada cuando se utilizan tiosulfato o cloruro de plata [19]. Estos resultados se condicen con lo expresado anteriormente, ya que el nitrato de plata es soluble en agua y como toda sal soluble genera concentraciones significativas de Ag^+ .

Entre los parámetros estudiados en cuanto a su influencia sobre la toxicidad de la plata se encuentra el ión cloruro. Al aumentar la concentración de cloruros en el ecosistema de varias especies de peces, el mismo presenta un efecto protectorio con respecto a la toxicidad de la plata [20].

Por otro lado, se ha investigado la influencia que ejerce el carbono orgánico disuelto sobre la toxicidad de la plata, encontrándose en todos los casos que este parámetro reduce dicha toxicidad [21]. Se encuentra gran cantidad de datos acerca de los efectos agudos que ejerce la plata sobre los animales acuáticos. Se han registrado valores tanto para vertebrados como para invertebrados llegando a la conclusión de que entre los invertebrados el organismo más resistente es cierta especie de rotífero del género *Philodina* sp. [22]. Como contraparte, quienes presentan mayor sensibilidad a la plata son crustáceos de las especies *Daphnia magna* y *Ceriodaphnia dubia* [23] [24].

En cuanto a vertebrados, la especie más sensible es la carpa [25], y la más resistente en promedio es *Gambusia affinis* [26].

En lo que respecta al efecto de la plata sobre las plantas acuáticas, existe muy poca información. Existen datos que indican inhibición del crecimiento de *Elodea canadensis* [27] y en tres especies de algas unicelulares: *Selenastrum capricornutum*, *Scenedesmus acuminatus* y *Scenedesmus dimorphus* [28-30].

En lo referente a la bioconcentración y biomagnificación, los factores de bioconcentración reportados para la plata son elevados solamente para algas y bacterias. Sin embargo, se estima que dicha acumulación se debe a la adsorción en la superficie de la célula más que a una incorporación activa al interior de la misma [31]. La misma no ha podido ser removida por métodos mecánicos, pH ácido, ni por degradación enzimática; por ende la probabilidad de que ocurra biomagnificación en comedores de algas es mínima puesto que la plata ingerida no sería adsorbida y sería excretada directamente.

2.2 REGULACIÓN SOBRE EFLUENTES LÍQUIDOS Y RESIDUOS ESPECIALES

LEYES AMBIENTALES DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Protección ambiental en la ley 11.459 y su decreto 1741:

La ley 11.459, de certificado de aptitud ambiental o radicación industrial, es de aplicación para todas las industrias instaladas y/o a instalarse en la Provincia de Buenos Aires. Dispone que dicho certificado será otorgado para los establecimientos de tercera categoría ("peligrosas") por la Provincia en todos los casos (dec. 1741, artículo 28).

Aunque la ley 11.459, artículo 3°, otorga al Municipio, la Autoridad para la expedición del certificado de aptitud ambiental para las industrias de Segunda Categoría ("molestas") y Primera Categoría ("inocuas"), el decreto reglamentario 1741, art. 28, por el contrario, como veremos más abajo, condiciona esta facultad Municipal, de manera decisiva, en relación a las industrias de segunda categoría. Textualmente la norma dispone: "El Certificado de Aptitud Ambiental de los establecimientos de 1° Categoría será otorgado por el Municipio correspondiente. El de los establecimientos de 2° Categoría por el Municipio respectivo, previo convenio con la autoridad de aplicación. El Certificado de Aptitud Ambiental de los establecimientos clasificados en 3° Categoría será otorgado, en todos los casos, por la Autoridad de Aplicación. Cuando se trate de establecimientos instalados en zonas portuarias será la Autoridad de Aplicación la que otorgue el Certificado de Aptitud Ambiental para las tres categorías".

Por lo expresado, la ley atribuye a los Municipios las tareas de control de los establecimientos de primera categoría. En tanto que para los de segunda y tercera categoría, la Provincia podrá delegar dichas labores de fiscalización en los Municipios por vía de convenio, el que se celebra conforme a la capacidad operativa propia de cada Municipio, pudiendo ser sólo parcial para los de tercera categoría (art. 78, dec. 1741, art. 26, ley 11.459).

La generación, manipulación, transporte, almacenamiento y disposición de los residuos de Tipo 2 (Industriales) están bajo la órbita de la Ley 11.720 y su Decreto reglamentario 806/97.

Existen desde el año 1998 registros de generadores, transportistas y tratadores en la Secretaria de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires.

Según el artículo 2 de la ley 25.612 de gestión integral de residuos industriales y de actividades de servicios, se entiende por residuo industrial a cualquier elemento, sustancia u objeto en estado sólido, semisólido, líquido o gaseoso, obtenido como resultado de un proceso industrial, por la realización de una actividad de servicio, o por estar relacionado directa o indirectamente con la actividad, incluyendo eventuales emergencias o accidentes, del cual su poseedor productor o generador no pueda utilizarlo, se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

Las empresas generadoras, transportistas y tratadoras radicados en la Provincia de Buenos Aires deben inscribirse y renovar en forma anual el Certificado de Habilitación Especial que otorga la autoridad de aplicación.

Independientemente de las presentaciones documentales, es requerimiento llenar un Registro de Operaciones de Residuos Especiales firmado por un profesional responsable.

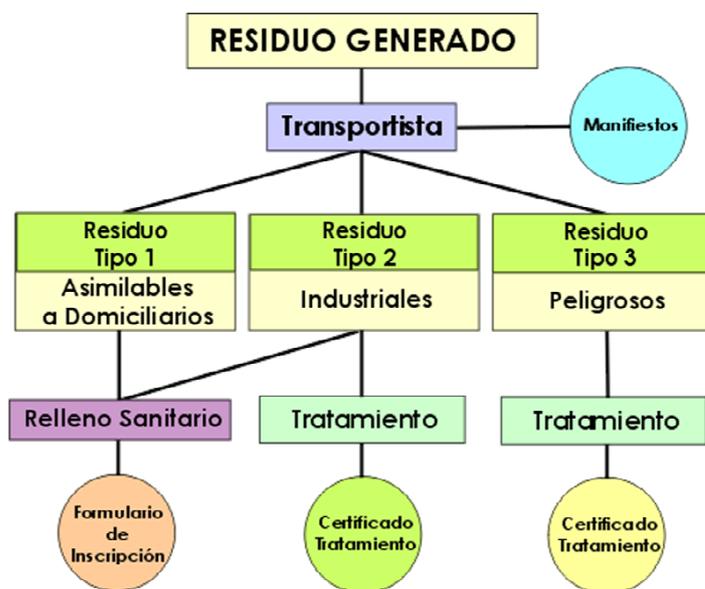


Fig. 2.1 Esquema de las presentaciones documentales requeridas en función del tipo de residuo

Aquellos residuos especiales derivados a una planta recicladora convenientemente inscrita no son considerados en el concepto de la tasa de residuos especiales para el

generador. Esto es una ventaja para el proyecto en cuestión dado que aquellas instituciones que generan placas radiográficas optarán por entregarlas a la empresa encargada del reciclaje en vez de disponerlas de la manera convencional junto con el resto de los residuos especiales.

LEY N° 11720

Como se ha mencionado anteriormente, esta ley regula la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de residuos especiales en el territorio de la Provincia de Buenos Aires.

Sus fines según lo enunciado en el artículo 2 de la misma son: 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).

Entendiendo por residuo a cualquier sustancia u objeto, gaseoso (siempre que se encuentre contenido en recipientes), sólido, semisólido o líquido del cual su poseedor, productor o generador se desprenda o tenga la obligación legal de hacerlo.

Serán clasificados como residuos especiales aquellos que pertenezcan a cualquiera de las categorías enumeradas en el Anexo I (Tabla 2.1), y que presente al menos una de las características descriptas en el Anexo II (Tabla 2.2); y todo aquel residuo que posea sustancias o materias que figuren en el Anexo I en cantidades, concentraciones a determinar por la Autoridad de Aplicación, o de naturaleza tal que directa o indirectamente representan un riesgo para la salud o el medio ambiente en general.

Es importante remarcar que existe la posibilidad de que las placas radiográficas queden excluidas del régimen de la presente Ley y sujetos a la normativa específica si la Autoridad de Aplicación comprueba fehacientemente su uso como insumos reales y/o se constituyan en productos utilizados en otros procesos productivos. La Autoridad de Aplicación deberá crear mecanismos técnicos administrativos específicos de control a los fines de garantizar el destino y uso de los mismos, evitando posibles evasiones al régimen de responsabilidades administrativas instituido por la presente, hasta tanto se dicte norma particular al respecto.

En función de lo enunciado en el párrafo anterior, de aquí en adelante se desarrollarán aquellos artículos de la ley que son de mayor consideración, considerando que el tipo de residuo en cuestión (placas radiográficas) no han sido excluidos por la Autoridad de Aplicación del régimen de la presente ley.

En lo que concierne a la tasa que debe abonarse, será el Poder Ejecutivo quien fijará el valor de la tasa anual para los generadores, transportistas, almacenadores, - tratadores y/u operadores de plantas de disposición final de residuos especiales. Componiéndose la misma de una alícuota fija (para establecimientos industriales, según el grado de complejidad del emprendimiento de acuerdo con la categorización que surja de la Ley 11459 y su reglamentación) y de una variable.

Dado que el proceso empleado para el reciclaje de placas radiográficas desprende efluentes (por un lado Tiosulfato de sodio y por otro una solución de ácido clorhídrico y cloruro férrico) que según la clasificación de la presente ley serían considerados como especiales, deberán contemplarse los requisitos dispuestos para los generadores y operadores de residuos especiales. Deberán cumplimentar para su inscripción en el registro los siguientes requerimientos:

- Considerando como generador a toda persona física o jurídica, pública o privada que como resultado de cualquier proceso, operación o actividad, produzca residuos calificados como especiales en los términos de la presente Ley. Deberá solicitarse la inscripción en el Registro Provincial de Generadores y/o Operadores -de Residuos Especiales, deberá presentar una declaración jurada en la que manifieste, entre otros datos exigibles, como mínimo los siguientes:
- Datos identificatorios de los titulares, nombre o razón social; nómina del directorio; socios gerentes; administradores; representantes y/o gestores, según corresponda; domicilio legal.
 - Ubicación de las plantas generadoras de los residuos especiales.
 - Descripción y composición de los residuos que se generen (detalle de las características físicas, físico-químicas, químicas y/o biológicas de cada residuo).
 - Método y lugar de tratamiento y/o disposición final y forma de transporte, si correspondiere, para cada uno de los residuos que se generen.
 - Cantidad anual estimada de cada uno de los residuos que se generen.
 - Descripción de los procesos generadores de los residuos especiales.
 - Listado de sustancias peligrosas utilizadas.

- Método de evaluación de características de residuos especiales.
 - Procedimiento de extracción de muestras.
 - Método de análisis de lixiviado y estándares para su evaluación.
- Los generadores que traten sus residuos en las propias plantas de su establecimiento industrial, tendrán además que presentar los requisitos especiales que para dichas plantas se fijan en la reglamentación de la presente.

Tanto en caso de transportar las placas radiográficas hasta la planta de reciclado como en caso de enviar los efluentes resultantes del proceso a una planta de tratamiento: las personas físicas o jurídicas responsables del transporte de residuos especiales deberán acreditar, para su inscripción en el Registro Provincial de Generadores y Operadores de Residuos Especiales, los siguientes datos, no excluyentes de otros que pueda establecer la reglamentación de la presente Ley:

- Datos identificatorios del titular de la empresa prestadora del servicio y domicilio legal de la misma.
 - Tipos de residuos a transportar.
 - Identificación de los vehículos y contenedores a ser utilizados, así como de los equipos a ser empleados en caso de peligro causado por accidente.
 - Póliza de seguro que cubra daños causados o garantía suficiente que, para el caso establezca la Autoridad de Aplicación.
 - Acreditación, en la forma que establezca el Órgano de Aplicación, sobre capacitación para proveer respuesta adecuada en caso de cualquier emergencia que pudiera resultar de la operación de transporte.
- Entendiendo como plantas de tratamiento a aquellas en las que se modifican las características físicas, fisicoquímicas, la composición química o la actividad biológica de cualquier residuo especial, de modo tal que se eliminen sus propiedades nocivas o se recupere energía y/o recursos materiales o se obtenga un residuo menos peligroso o se los haga susceptible de recuperación o más seguro para su transporte o disposición final. Deberá considerarse como

requisito la presentación de una declaración jurada en la que se manifieste, entre otros datos exigibles, los siguientes:

- Datos identificatorios de la propietaria: nombre completo o razón social, nómina según corresponda del directorio, socios gerentes, administradores, representantes, gestores y domicilio legal.
- Lugar de emplazamiento de la planta.
- Descripción del sitio donde se ubicará la planta.
- Inscripción preventiva, que se efectuará en el Registro de la Propiedad inmueble, en la que se consigne específicamente, que dicho predio será destinado a tal fin. La inscripción se convertirá en definitiva al momento de iniciarse las actividades.
- Inscripción en el Registro de Tecnología que crea la presente Ley.
- Características edilicias y de equipamiento de la planta, descripción y proyecto de cada una de las instalaciones o sitios en los cuales un residuo especial está siendo tratado, transportado, almacenado transitoriamente o dispuesto.
- Descripción de los procedimientos a utilizar para el tratamiento, almacenamiento transitorio, las operaciones de carga y descarga y los de disposición final y la capacidad de diseño de cada uno de ellos.
- Especificación del tipo de residuos especiales a ser almacenados, tratados o dispuestos y estimación de la cantidad anual y análisis previstos para determinar la factibilidad de su tratamiento y/o disposición en la planta, en forma segura y a perpetuidad.
- Planes de contingencia así como de procedimientos para registro de la misma.
- Plan de monitoreo para controlar la calidad de las aguas subterráneas y superficiales, y la atmósfera en su caso.
- Planes de capacitación del personal.

- Evaluación de impacto ambiental, de acuerdo con las determinaciones que especifique la Autoridad de Aplicación.
- Póliza de seguro o garantía suficiente que para el caso establezca la Autoridad de Aplicación.
- Inscripción, en un registro especial que a tal efecto habilitará el Órgano de Aplicación, del personal técnico habilitado que operará en la planta, notificándose las altas y bajas que se produzcan en cada caso.

Cumplidos todos éstos la autoridad otorgará el certificado de habilitación especial, instrumento que acredita en forma exclusiva, la aprobación del sistema de manipulación, transporte, tratamiento, almacenamiento o disposición final que los inscriptos aplicarán a los residuos especiales. La Autoridad de Aplicación de la presente ley determinará los requisitos que serán exigidos para la renovación anual del certificado de habilitación especial.

En lo que compete a las tecnologías empleadas, toda tecnología aplicada a la presentación a terceros de los servicios de almacenamiento, recuperación, reducción, reciclado, tratamiento, eliminación y/o disposición final de residuos especiales, que se desee aplicar en la provincia de Buenos Aires, deberá estar inscripta en el Registro Provincial de Tecnología que se crea por la presente Ley.

Según enuncia el artículo 16, el Registro Provincial de Tecnología será llevado por la Autoridad de Aplicación de la presente Ley conforme a los siguientes requisitos:

- Las tecnologías a registrarse deberán cumplimentar en un sólo acto todo lo exigido por la presente Ley y su reglamentación.
- Toda solicitud de inscripción de tecnología deberá estar acompañada con las pruebas de aplicación práctica de la mencionada tecnología, indicando los lugares en donde se halla en aplicación y a que tipo de residuos está destinada. Deberá acompañarse documentación, informes, pruebas y evaluaciones concretas de la aplicación práctica de la tecnología propuesta.
- En caso de ser una tecnología nueva, no utilizada aún a escala industrial, deberá presentarse para su registro, estudios e informes en los que se analice la aplicación industrial y el impacto ambiental que produciría sobre el ambiente.

- Todos los estudios e informes deberán contener opinión de una Universidad, Centro de Investigación Científica y/o institución nacional, internacional o provincial, pública o privada, con incumbencia en la temática ambiental.
- Toda presentación ante el Registro deberá especificar, en forma estricta, cualitativa y cuantitativamente, qué residuos o desechos es posible tratar con la tecnología a inscribir, tolerancias mínimas y máximas, resguardos técnicos especiales a tener en cuenta y condiciones generales de instalación. La autoridad de aplicación no podrá exigir a los titulares de las tecnologías a inscribirse información referente a procesos, formulaciones, etc., que considere violatorios del derecho de propiedad.
- La Autoridad de Aplicación, recibida la totalidad de la documentación, aprobará o rechazará la inscripción. Asimismo las inscripciones podrán ser canceladas, con efectos de futuro, cuando nuevos estudios así lo aconsejen.

En el supuesto caso en que los efluentes generados sean enviados a una planta de tratamiento, deberá disponerse de un documento en el que se detalle la naturaleza y cantidad de los residuos, su origen, transferencia del generador al transportista y de éste a la planta de tratamiento, almacenamiento o disposición final, así como los procesos de tratamiento y eliminación a los que fueron sometidos y cualquier otra operación que respecto de los mismos se realizare. Este documento es lo que esta ley define como “Manifiesto”.

Y 1	Desechos clínicos resultantes de la atención médica prestada en hospitales, controles, centros médicos y clínicas para la salud humana y animal (Legislado en la Provincia de Buenos Aires por la Ley 11.347).-
Y 2	Desechos resultantes de la producción y preparación de los productos farmacéuticos.-
Y 3	Desechos de medicamentos y productos farmacéuticos para la salud humana y animal.-
Y 4	Desechos resultantes de la producción, la preparación y utilización de biocidas y productos fitosanitarios.-
Y 5	Desechos resultantes de la fabricación, preparación y utilización de productos químicos para la preservación de la madera.-
Y 6	Desechos resultantes de la producción, la preparación y la utilización de disolventes orgánicos.-
Y 7	Desechos que contengan cianuros, resultante del tratamiento térmico y las operaciones de temple.-
Y 8	Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinadas.
Y 9	Mezclas y emulsiones de desecho de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.-
Y 10	Sustancias y Artículos de desecho que contengan o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), trifenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB).-
Y 11	Residuos alquitranados resultantes de la refinación, destilación o cualquier otro tratamiento pirolítico.-
Y 12	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices.-
Y 13	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de resinas, látex, plastificantes o colas y adhesivos.-
Y 14	Sustancias químicas de desechos, no identificadas o nuevas, resultantes de la investigación y el desarrollo o de las actividades de enseñanza y cuyos efectos en el ser humano o el medio ambiente no se conozcan.-
Y 15	Desechos de carácter explosivo que no estén sometidos a una legislación diferente.-
Y 16	Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos.-
Y 17	Desechos resultantes del tratamiento de superficies de metales y plásticos.-
Y 18	Residuos resultantes de las operaciones de eliminación de desechos industriales.-
Y 19	Metales carbonilos.-
Y 20	Berilio, compuesto de Berilio.-
Y 21	Compuesto de cromo hexavalente.-
Y 22	Compuesto de cobre.-
Y 23	Compuesto de zinc.-
Y 24	Arsénico, compuesto de arsénico.-
Y 25	Selenio, compuesto de selenio.-
Y 26	Cadmio, compuesto de cadmio.-
Y 27	Antimonio, compuesto de antimonio.-
Y 28	Telurio, compuesto de telurio.-
Y 29	Mercurio, compuesto de mercurio.-
Y 30	Talio, compuesto de talio.-
Y 31	Plomo, compuesto de plomo.-
Y 32	Compuestos inorgánicos de flúor, con exclusión de fluoruro cálcico.-
Y 33	Cianuros inorgánicos.-
Y 34	Soluciones ácidas o ácidos en forma sólida.-
Y 35	Soluciones básicas o bases en forma sólida.-
Y 36	Asbestos, (polvos y fibras).-
Y 37	Compuestos orgánicos de fósforo.-
Y 38	Cianuros orgánicos.-
Y 39	Fenoles, compuestos fenólicos, con inclusión de clorofenoles.-
Y 40	Eteres.-
Y 41	Solventes orgánicos halogenados.-
Y 42	Disolventes orgánicos, con exclusión de disolvente halogenados.-
Y 43	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzo-furanos policlorados.-
Y 44	Cualquier sustancia del grupo de las dibenzoparadioxinas policloradas.-
Y 45	Compuestos organohalogenados, que no sean las sustancias mencionadas en el presente anexo (por ejemplo: Y39, Y41, Y42, Y43, Y44).-

Tabla 2.1 Categorías de desechos que hay que controlar de Y1-Y18 o que tengan como constituyentes de Y19-Y45

Clase de las Naciones Unidas	Nº de Código	Características
1	H1	Explosivos: Por sustancia explosiva o desecho se entiende toda sustancia o desecho sólido o líquido (o mezcla de sustancias o desechos) que por sí misma es capaz, mediante reacción química, de emitir un gas a una temperatura, presión y velocidad tales que puedan ocasionar daño a la zona circundante.-
3	H3	Líquidos inflamables: Por líquidos inflamables se entiende aquellos líquidos o mezcla de líquidos o líquidos con sólidos en solución o suspensión (por ejemplo pinturas, barnices, lacas, etc., pero sin incluir sustancias o desechos clasificados de otra manera debido a sus características peligrosas) que emitan vapores inflamables a temperaturas no mayores de 60,5°C, en ensayos con cubeta cerrada, o más de 65,6°C, en ensayos con cubeta abierta (como los resultados de los ensayos con cubierta abierta y con cubierta cerrada no son estrictamente comparables, e incluso los resultados obtenidos mediante un mismo ensayo a menudo difieren entre sí, la reglamentación que se apartara de las cifras antes mencionadas para tener en cuenta tales diferencias sería compatibles con el espíritu de esta definición.-
4.1	H4.1	Sólidos inflamables: Se trata de sólidos o desechos sólidos, distintos a los clasificados como explosivos, que en las condiciones prevalentes durante el transporte son fácilmente combustibles o pueden causar un incendio o contribuir al mismo, debido a la fricción.
4.2	H4.2	Sustancias o desechos susceptibles de combustión espontánea: Se trata de sustancias o desechos susceptibles de calentamiento espontáneo en las condiciones normales del transporte o de calentamiento en contacto con el aire y que pueden entonces encenderse.-
4.3	H4.3	Sustancia o desechos que en contacto con el agua, emiten gases inflamables, sustancias o desechos que por reacción con el agua, son susceptibles de inflamación espontánea o de emisión de gases inflamables en cantidades peligrosas.
5.1	H5.1	Oxidantes: Sustancias o desechos que, sin ser necesariamente combustibles, pueden, en general, al ceder oxígeno, causar o favorecer la combustión de otros materiales.
5.2	H5.2	Peróxidos orgánicos: Las sustancias o los desechos orgánicos que contienen la estructura bivalente -O-O son sustancias inestables térmicamente que pueden sufrir una descomposición autoacelerada exotérmica.-
6.1	H6.1	Tóxicos (venenos) agudos: Sustancias o desechos que pueden causar la muerte o lesiones graves o daños a la salud humana, si se ingieren o inhalan o entran en contacto con la piel.
6.2	H6.2	Sustancias infecciosas: Sustancias o desechos que contienen microorganismos viables o sus toxinas, agentes conocidos o supuestos de enfermedades en los animales o en el hombre.
8	H8	Corrosivos: Sustancias o desechos que por acción química, causan daños graves en los tejidos vivos que tocan o que, en caso de fuga pueden dañar gravemente o hasta destruir otras mercaderías o los medios de transporte; o pueden también provocar otros peligros.-
9	H10	Liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua: Sustancia o desechos que, por reacción con el aire o el agua, pueden emitir gases tóxicos en cantidades peligrosas.-
9	H11	Sustancias tóxicas (con efectos retardados o crónicos): Sustancias o desechos que, de ser aspirados o ingeridos o de penetrar en la piel pueden entrañar efectos retardados o crónicos, incluso la carcinogénesis.-
9	H12	Ecotóxicos: Sustancias o desechos que, si se liberan, tienen o pueden tener efectos adversos inmediatos o retardados en el ambiente debido a la bioacumulación o los efectos tóxicos en los sistemas bióticos.-
9	H13	Sustancias que pueden por algún medio, después de su eliminación, dar origen a otra sustancia , por ejemplo un producto de lixiviación, que posee alguna de las características arriba expuestas.-

Tabla 2.2 Lista de características Peligrosas

En lo que concierne a efluentes industriales líquidos, el Código de Prevención de la Contaminación Ambiental que como Anexo forma parte integrante de la Ordenanza N° 39.025 (B.M. 17049 Publ. 13/06/1983) establece que las industrias cuyos efluentes líquidos no cumplan con los límites de emisión de contaminantes a cuerpo receptor, a conducto cloacal o a planta de tratamiento zonal deberán instalar y operar correctamente sistemas individuales de tratamiento.

Respecto de la calidad de los efluentes tratados, los mismos deberán ser:

- Libre de la presencia de contaminantes específicos según la Tabla 2.3, debiendo cumplimentarse simultáneamente la limitación de emisión máxima admisible y de concentración máxima admisible
- Libre de la presencia de gérmenes patógenos
- Libre de la presencia de materiales sólidos sedimentables o flotantes
- Factor pH comprendido entre $\text{pH (s)} - 0.5$ y $\text{pH (s)} + 0.5$, donde pH (s) es el valor de pH de saturación para la particular concentración de electrolitos del efluente vertido
- Libre de malos olores en grado apreciable
- Libre de material radiactivo en cantidades superiores a las indicadas.

Estos efluentes podrán ser vertidos a cloaca, o bien a cuerpo receptor pluvial. A los efectos de esta disposición, se entiende como “cuerpo receptor pluvial” a un curso de agua, abierto o entubado, permanente o no permanente, vinculado al sistema general de avenamiento de la zona, así como a todo conducto público de desagüe pluvial. Esta definición no incluye en cambio, los cordones y demás lugares de escurrimiento superficial de agua sobre pavimento.

La versión de los efluentes tratados a cloaca o cuerpo receptor deberá realizarse a caudal regulado, es decir con la inclusión de dispositivos previos que limiten el caudal a un valor compatible con la capacidad de conducción del cuerpo receptor y con la velocidad de no-erosión de sus paredes.

Los efluentes en cuestión podrán ser enviados a:

- Plantas comunes de tratamiento exclusivo de líquidos industriales debiendo cumplir en esos casos con las exigencias de calidad del afluente que se haya fijado de común acuerdo entre las partes

- Plantas de tratamiento conjunto de líquidos industriales y aguas negras domiciliarias pero deberán previamente acondicionarlas para que sean compatibles con el tratamiento conjunto antedicho.

Las industrias podrán verter a cloacas efluentes industriales sólo parcialmente acondicionados.

Las condiciones que deberá cumplir el efluente acondicionando para su posible versión a cloaca son:

- No deberá arrastrar materiales gruesos de dimensión superior a 5 mm., aunque sean del mismo peso específico que el líquido
- No deberá arrastrar sólidos suspendidos cuya densidad y dimensiones sean tales que el material sedimente y no sea arrastrado en una cañería de 200 mm. de diámetro, de 500 micrómetros de rugosidad, con una pendiente de 0.004 (cuatro por mil)
- No deberá arrastrar sustancias flotantes en cantidad apreciable
- El pH deberá estar comprendido entre $\text{pH}(s) - 0.5$ y $\text{pH}(s) + 0.5$, donde $\text{pH}(s)$ es el pH de saturación
- No deberá contener gérmenes patógenos no aptos para su eliminación por las plantas de tratamiento que, en cada zona, posea el municipio en operación
- No deberá contener agentes bactericidas en cantidades, o concentraciones tales que afecten el funcionamiento de las plantas de tratamiento
- No deberá contener materiales radioactivos en cantidades o concentraciones superiores a los límites establecidos

Los caudales de efluentes estarán regulados, de modo que los flujos instantáneos no sean superiores al 50 % de la capacidad de conducción a sección llena del tramo más comprometido de la cloaca, ni inferiores al caudal necesario para lograr la velocidad de autolimpieza en todos los tramos de diámetro inferior a 250 mm..

Lev 5965 Protección del Agua y la Atmósfera

La vieja ley 5965/58 de Fuentes de provisión, cursos y cuerpos receptores de Agua y de la Atmósfera y sus decretos reglamentarios 2009/60, 3970/90, y 3396/96, y la Resolución 242/97, determinan como Autoridad de Aplicación de la Provincia de

Buenos Aires, Secretaría de Política Ambiental, competente a su vez en la ejecución de las principales leyes ambientales de la PBA: 11.720 de residuos especiales, 11.723 de Medio ambiente, 11.459 de radicación industrial, y parcialmente respecto de la ley 11.347 de Residuos Patogénicos. A tal punto que el artículo 45 del decreto 2009/60 dispone que sólo tendrán validez probatorio a los fines sumariales, para cualquier acto, expediente o trámite oficial, los análisis obtenidos de muestras extraídas por técnicos oficiales provinciales. Complementariamente, el Código del Agua de la Prov. de Buenos Aires, ley 12.257/99 (Adla, LIX-A, 1064), atribuye a la Provincia de Buenos Aires, amplias facultades sobre la problemática, creando a su vez, la Autoridad del Agua.

Toda empresa situada en la provincia de Buenos Aires, que genera un efluente líquido, el cual es vertido, debe solicitar un permiso de vuelco ante el organismo correspondiente.

Si el efluente es vertido a curso hídrico o conducto pluvial el permiso se solicita ante la autoridad del agua de la provincia de Buenos Aires (ADA) y en dicho organismo se presenta también la documentación técnica referida al tratamiento, según la Ley Provincial 5965 Decreto 2009/60 3970/90, y el efluente debe cumplir los parámetros de vuelco de la Resolución 336/03 (Fig. 2.2).

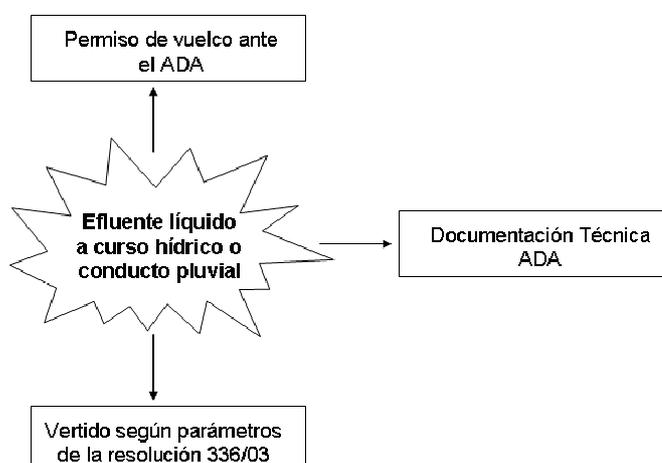


Fig. 2.2 Organismos que otorgan el permiso del vuelco, la documentación técnica y regulan el vertido de efluentes líquidos a curso hídrico o conducto pluvial

Si el efluente es vertido a colectora cloacal se solicita el permiso de vuelco a la concesionaria Aguas Argentinas y en cuanto a la presentación de la documentación técnica, existe una superposición de autoridades de aplicación (Fig. 2.3).

Estos establecimientos, por encontrarse dentro de la provincia de Buenos Aires, deben cumplir con la Ley Provincial 5965 y el Decreto 2009/60 y 3970/90.

Según el contrato de concesión de Aguas Argentinas, al volcar en colectora cloacal concesionada por dicho ente, se reconoce como autoridad de aplicación al Instituto Nacional del Agua por lo cuál se deberá presentar la documentación técnica que exige el Decreto 674/89 y Decreto 776/92 de acuerdo a la reglamentación que establece la Resolución 123/99 y la misma debe firmarse por profesional inscripto en el registro del Instituto Nacional del Agua según Resolución 121/99.

Dicha documentación deben presentarla también aquellos establecimientos industriales aunque no tengan vertido de efluentes líquidos, cuando posean circuitos cerrados o abiertos de refrigeración o cualquier tipo de recirculación de líquidos.

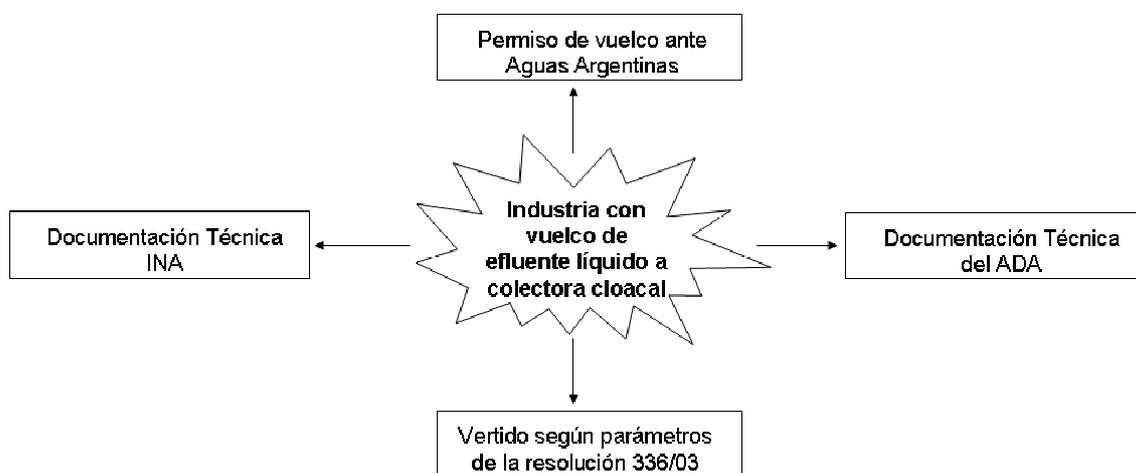


Fig. 2.3 Organismos que otorgan el permiso del vuelco, la documentación técnica y regulan el vertido de efluentes líquidos a colectora cloacal

Resolución (Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción) 336/03

El Código de Aguas (Ley 12257), la Ley 5965 y su Decreto Reglamentario N° 2009/60, modificado por su similar N° 3970/90, el Decreto N° 3734/00 que crea el Consejo Consultivo Multisectorial, la Resolución N° 280/01 del Ministerio en relación a la integración del Consejo Consultivo Multisectorial, y la Resolución de AGOSBA N° 389/98 relativa a las Normas para el vertido de efluentes líquidos.

En el Anexo I de la misma se detallan las ramas industriales cuyos efluentes no deben disponerse en pozos absorbentes, allí se encuentra el “revelado de material fotosensible” (placas).

En el Anexo II de la misma (Tabla 2.3) se encuentran detallados los parámetros de calidad de las descargas límite admisibles.

Cabe remarcar que “no existen en nuestras reglamentaciones límite admisible para plata en descargas de líquidos residuales” [32]. Probablemente, esto debido a que el catión plata forma con los cloruros (que están presentes en cualquier líquido residual o agua) un compuesto, el cloruro de plata, sumamente insoluble.

GRUPO	PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGO TÉCNICA ANALÍTICA	LÍMITES PARA DESCARGAR A:			
				Colectora Cloacal	Cond. Pluv. o cuerpo de agua superficial	Absorción por el suelo (h)	Mar Abierto
I	Temperatura	°C	2550 B	≤45	≤45	≤45	≤45
I	pH	upH	4500 H + B	7,0-10	6,5-10	6,5-10	6,5-10
I	Sólidos Sedim. 10 Min. (2)	ml/l	Cono Imhoff	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
I	Sólidos Sedimen. 2 horas (2)	ml/l	Cono Imhoff	≤5,0	≤1,0	≤5,0	≤5,0
I	Sulfuros	mg/l	4500 S=D	≤2,0	≤1,0	≤5,0	NE (c)
I	S.S.E.E. (1)	mg/l	5520 B (1)	≤100	≤50	≤50	≤50
I	Cianuros	mg/l	4500 CN C y E	≤0,1	≤0,1	Ausente	≤0,1
I	Hidrocarburos Totales	mg/l	EPA 418.1 ó ASTM 3921-85		≤30	Ausente	≤30
I	Cloro Libre	mg/l	4500 Cl G (DPD)	NE	≤0,5	Ausente	≤0,5
I	Coliformes Fecales (f)	NMP/100 ml	9223 A	≤20000	≤2000	≤2000	≤20000
II	D.B.O.	mg/l	5210 B	≤200	≤50	≤200	≤200
II	D.Q.O.	mg/l	5220 D	≤700	≤250	≤500	≤500
II	S.A.A.M.	mg/l	5540 C	≤10	≤2,0	≤2,0	≤5,0
II	Sustancias fenólicas	mg/l	5530 C	≤2,0	≤0,5	≤0,1	≤2,0
II	Sulfatos	mg/l	4500 SO4 E	≤1000	NE	≤1000	NE
II	Carbonos orgánico total	mg/l	5310 B	NE	NE	NE	NE
II	Hierro (soluble)	mg/l	3500 Fe D	≤10	≤2,0	≤0,1	≤10
II	Manganeso (soluble)	mg/l	3500 Mn D	≤1,0	≤0,5	≤0,1	≤10
III	Cinc	mg/l	3111 B y C	≤5,0	≤2,0	≤1,0	≤5,0
III	Niquel	mg/l	3111 B y C	≤3,0	≤2,0	≤1,0	≤2,0
III	Cromo Total	mg/l	3111 B y C	≤2,0	≤2,0	Ausente	NE
III	Cromo Hexavalente	mg/l	3500 Cr D	≤0,2	≤0,2	Ausente	NE
III	Cadmio	mg/l	3111 B y C	≤0,5	≤0,1	Ausente	≤0,1
III	Mercurio	mg/l	3500 Hg B	≤0,02	≤0,005	Ausente	≤0,005
III	Cobre	mg/l	3500 Cu D ó 3111 B y C	≤2,0	≤1,0	Ausente	≤2,0

Tabla 2.3 Parámetros de calidad de las descargas límite admisibles

El código de la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU), bajo el cual se rigen la mayoría de los efluentes de procesadores fotográficos a nivel mundial establece los siguientes límites:

Parameter	Typical Limit Range	Color (w/washwater)	Color (washless)	Black-and-White	E-6
Ammonia	50 - 100	20 - 300	6,000 - 10,000	350 - 4,300	10 - 150
BOD5	200 - 1,200	200 - 3,000	5,000 - 14,000	300 - 5,000	2,000 - 7,000
COD	500 - 2,500	400 - 5,000	30,000 - 36,000	2,000 - 10,000	4,000 - 10,000
Flammable or explosive	none	none	none	none	none
Oils and grease	15 - 300	none	none	none	none
pH	5.5 - 10.5	6.5 - 9.5	6.5 - 9.5	6.5 - 9.5	6.5 - 9.5
Phenolic compounds	0.002 - 20.0	none	none	<0.2	none
Silver (following silver recovery)	0.1 - 5	<5	<5	<5	<5
Temperature	<150°F	80 - 110°F	<95°F	60 - 110°F	80 - 110°F
Total suspended solids (TSS)	250 - 1,000	<50	<50	<50	<50

* With the exception of temperature and pH, all the numbers represent parts per million (ppm)

Tabla 2.4 Parámetros observados en efluentes de procesadores fotográficos y los límites admisibles establecidos por la EPA

2.3 SITUACIÓN EN ARGENTINA

En países más desarrollados, se ha concientizado a la población acerca de los daños que genera la mala disposición de estos residuos sólidos, se han lanzado numerosas campañas para colectarlos y darles un tratamiento adecuado. Incluso se han generado empresas que se dedican exclusivamente a la extracción de la plata contenida mediante procesos especialmente diseñados.

A nivel local es poca la información que se posee. No existen empresas avocadas al reciclaje de este tipo de desechos, quienes lo llevan a cabo son particulares que utilizan procesos fuera de cualquier marco legal generando y liberando sustancias altamente nocivas tanto para el medio ambiente como para ellos mismos.

Por otro lado, quienes desean desarrollar procesos “amigables” con el medio ambiente llegan a la conclusión de que este no es un proyecto redituable. Esto se debe principalmente a que, como se ha mencionado anteriormente, quienes se dedican a esto son particulares cuyo objetivo son algunos cientos de kilogramos de placas por mes de las cuales se desprende una cantidad mucho menor de plata y los equipos que actualmente se encuentran a la venta para el reciclaje requieren de grandes inversiones que no pueden ser solventadas por el reciclaje de tan reducida magnitud.

A continuación se describen procesos de recuperación de plata a partir de placas llevados a cabo por particulares avocados al tema en el país. Cada descripción contiene la cita textual proveniente de las reuniones con los “expertos” y la investigación personal del autor de este trabajo.

2.3.1 Recuperación con lavandina

- “El cloro disuelve la emulsión fotográfica y es mas barato y fácil de utilizar que el ácido, pero el rendimiento es menor, por ej. La lavandina extrae bien la emulsión pero al cabo de unas pocas placas pierde fuerza así que no sirve para grandes cantidades de placas. Creo que se forma cloruro de plata este es insoluble en agua, filtrando o por precipitación tendrías separado este cloruro” [33].

La reacción de cloro con plata origina cloruro de plata, un sólido blanco muy poco soluble en agua. La constante del producto de solubilidad del cloruro de plata es igual a:

$$K_{ps} = [Ag^+][Cl^-] = 1.8 \cdot 10^{-10} \quad (2.1)$$

Lo cual significa que en un litro de agua a temperatura ambiente solo 1.91 mg. de cloruro de plata se disolverán.

La reacción de obtención de AgCl se escribe:



El potencial de esta celda de oxido/reducción es $E^0 = 0.50V$ lo cual significa que es un proceso espontáneo con una energía libre de Gibbs de

$$\Delta G^0 = -n.F.E^0 = -96kJ / mol \quad (2.3)$$

Donde n es la cantidad de electrones intercambiados, F es la constante de Faraday y E el potencial de la celda.

La plata luego se recupera por fundición del cloruro de plata.

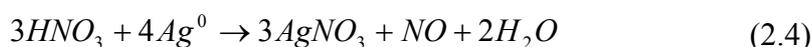
El uso de acido hipocloroso o lavandina es sin duda un método barato y accesible, pero la concentración de cloro en la lavandina (aprox. 7% de cloro libre) es tan pequeña que hace este proceso no-redituable para grandes cantidades de placas.

Una de las grandes desventajas de este proceso es la incontrolable formación de espuma proveniente del ataque de la lavandina sobre la materia orgánica (proteínas) que forman la gelatina de soporte [34]. En muchos casos se requiere el agregado de anti-espumantes lo cual encarece el proceso y ralentiza la reacción.

2.3.2 *Recuperación con ácido nítrico y fundición*

• “Básicamente una radiografía es un soporte plástico con una gelatina y la plata. Si se introduce la radiografía en una solución que contenga un 10% de ácido nítrico la plata se disolverá y pasará a la solución. De la solución puedes recuperar la plata por electrolisis donde la plata se pega al electrodo. Calentá el polvo con un soplete y recogé el fundido en un crisol. Podes ayudar con un poco de bórax para que actúe de fundente. Como la plata funde a 1080 °C y el acero mucho mas alto, si no te pasas de calor no hay problema” [35].

La plata se oxida y el nitrógeno se reduce espontáneamente de la siguiente manera



El potencial de la celda es de 0.1V y la energía libre de Gibbs de -19.3 kJ./mol

El mayor problema de esta reacción es que el sub-producto principal son óxidos de nitrógeno (NO_x), una mezcla de gases de color mostaza.

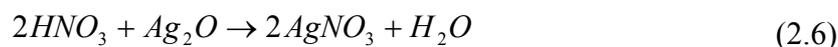


Los NO_x son considerados por el índice Merck (una de las mayores bases de datos en la industria química) un “veneno mortal” para el ser humano y uno de los principales contaminantes de la atmósfera y causante de lluvia ácida. Alto contenido de óxidos de nitrógeno causan edemas pulmonares, reduciendo la oxigenación de los tejidos y conllevando a la muerte. La utilización de ácido nítrico para la producción de nitrato de plata caseramente ha causado registradas muertes en países como Estados Unidos.

2.3.3 *Recuperación con ácido nítrico por calcinación*

• “Lo mejor, quemás las radiografías, y en las cenizas está la plata como óxido, la tratás con ácido nítrico que lo disuelve muy bien y de la disolución de nitrato de plata obtenidas obtenés cristales de la sal por evaporación” [36].

Al quemar las placas se obtiene óxido de plata, Ag₂O, que reacciona con el ácido nítrico de la siguiente manera



Este proceso pareciera una simple e inofensiva reacción de desplazamiento, pero hay que tener en cuenta que el óxido de plata en cualquier solución acuosa produce una cierta cantidad de plata metálica.



Esto significa que aunque en menor cantidad existen también en esta reacción óxidos de nitrógenos.

2.3.4 Recuperación con ácido nítrico y placa de cobre

- “Un método muy fácil de recuperar plata, es precipitándola de una solución de nitrato de plata con una lamina de cobre, en la lamina encontraras la plata y la solución que antes era incolora se volverá de color celeste o azul dependiendo de la concentración de iones Cu^{2+} ” [37].

La plata se solubiliza utilizando ácido nítrico de manera similar a los procesos anteriores. Óxidos de nitrógeno se desprenden como subproducto y nitrato de plata queda en solución según la siguiente ecuación



Una vez introducida la placa de cobre, el cobre metálico se oxida y la plata se reduce dando un potencial de la celda de 0.8V y por ende una energía libre de Gibbs de -154 kJ./mol indicando que la reacción es espontánea. La plata metálica se deposita sobre la superficie de la placa de cobre y los iones cobre pasan a la solución coloreándola azul.

Como se mencionara anteriormente, la reacción con ácido nítrico no debería llevarse a cabo en forma casera y de hacerlo en forma industrial debe analizarse el tratamiento de los efluentes gaseosos.

- “Para tener plata pura a partir del nitrato, hacés algo como lo que se usa para platear espejos de telescopios en la página “cielosur” están las instrucciones, pero en ves de poner un espejo pones un vidrio común y después le rasqueteas la película que se forma” [38].

A continuación se describe cómo el proceso básico para el plateado de telescopios puede aplicarse a la recuperación de la plata. La información para el plateado de telescopios fue obtenida de la página <http://www.cielosur.com>

Instrumental

1 fuente o bandeja esmaltada inalterable donde quepa con soltura el espejo

1 fuentón donde poder enjuagar
1 vaso de precipitación capacidad 1 litro
1 probeta graduada de 250 cm³
Algodón hidrófilo de buena calidad
Guantes de goma
5 litros de agua destilada de comprobada calidad

Materiales

A.	Nitrato de plata	0.35 M (60 gr. en 1 l. de solución)
C.	Nitrato de amonio cristalizado	1.1 M (90 gr. en 1 l. de solución)
D.	Hidróxido de sodio	2.6 M (105 gr. en 1 l. de solución)
E.	Glucosa	0.38 M (70 gr. en 1 l. de solución)

En el caso de recuperación de plata “A” es nuestra solución inicial, con una concentración de plata desconocida.

Todos los elementos a utilizar para llevar a cabo el baño de plateado, deben encontrarse en perfectas condiciones de higiene, esto es fundamental para lograr espejos de alta calidad. En el caso de querer recuperar plata metálica solo se requiere que los materiales se encuentren limpios pero no con la delicadeza de los espejos para telescopios.

La temperatura media en el ambiente en que se va a platear debe rondar entre los 18 °C a 23 °C.

Existen dos formas de inmersión de la superficie a platear: boca arriba o boca abajo, boca arriba es económica, pero se corre con el riesgo de que queden diminutos puntos sin platear, como si fuesen picaduras, o depósitos no deseados. La manera más aconsejable, es boca abajo, para evitar los depósitos desparejos en la superficie. También debemos conocer de antemano, cuán inmerso va a quedar nuestro futuro espejo en la solución, es aconsejable que la misma llegue a la mitad del grosor de la óptica, tanto porque se haría un desperdicio del material, como también el hecho de que si el revés del vidrio no está esmerilado como es aconsejable que sea, se espejará también. A fines de recuperar la plata las consideraciones respecto de la inmersión de la superficie a platear no tiene relevancia

En el recipiente que vayamos a sumergir para hacer el plateado, debemos colocar en el fondo tres o cuatro taquitos que pueden ser de plástico o cerámica, nunca de metal, para apoyar el espejo tomando apenas los bordes.

En el plateado de telescopios se utilizan 50 cm³ de solución A por cada decímetro cuadrado de superficie del espejo que vamos a platear, son unos 150 cm³ para un espejo

de 20 cm. de diámetro. En el caso de la recuperación de la plata nuestra solución A contiene una cantidad no conocida de plata por lo cual el proceso deberá llevarse a cabo por tanteo. Se vuelca la preparación medida del A en el vaso de precipitación que tenemos preparado. Lavamos muy bien la probeta graduada que hemos usado y medimos una parte igual de la solución B, luego la vamos incorporando suavemente a la solución A pero a su vez agitando enérgicamente la mezcla con una varilla de vidrio.

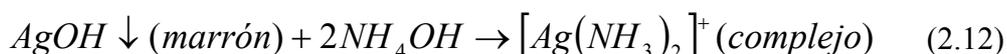
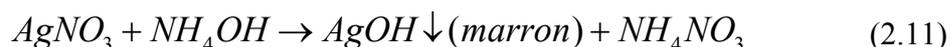
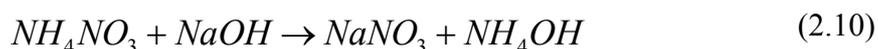
Nuevamente lavamos la probeta y medimos otra cantidad igual de la solución C, la cual, incorporándola a la mezcla que ya tenemos del mismo modo que a éstas. Una vez que comenzamos a incorporar la solución C, veremos que la mezcla se enturbia un poco. Es importante saber que si esta mezcla permanece limpia, debemos agregar una gotas más de solución C. Esta mezcla en este estadio, tiene una coloración de té claro, si se oscurece mucho cuando estamos incorporando la solución C, debemos detenernos, porque lo que sucederá en este caso, es que el plateado será muy rápido, pero el depósito que se hará sobre la superficie reflectante, será muy delgado.

Importante: No debe dejarse ninguna porción de esta solución preparada no reducida expuesta al Sol, porque la misma en su concentración produce fulminato de plata, que es un potente e inestable explosivo espontáneo.

Una vez preparado el baño con estas tres soluciones, se saca el espejo del baño en agua destilada en que lo tenemos y lo colocamos en el recipiente este apoyado sobre los taquitos que hemos colocado previamente boca a bajo.

Este es el momento en que agregaremos una parte de solución reductora D que equivaldrá a un tercio de volumen empleado de la solución A. Ahora es el momento en que comienza la reacción. El líquido se enturbiará volviéndose negro totalmente, es ahora cuando debemos darle un movimiento al espejo para que el depósito se produzca en forma regular en toda la superficie.

El espejo debe permanecer en el baño hasta que el depósito se vuelva opaco, y la solución en la que está inmerso se aclare. La reacción que describe lo sucedido es:



Esta última reacción es llamada comúnmente reacción de Tollens y puede ser llevada a cabo con cualquier azúcar reductor (ej. Fructosa).

Una vez finalizado el plateado, retiramos el espejo del baño y lo colocamos en el recipiente con agua destilada para lavarlo. Al retirarlo de agua destilada, debemos hacer que seque rápidamente, poniéndolo en forma vertical y rociándolo con alcohol puro, a la vez que se lo seca con un secador de pelo o un ventilador. La capa del depósito que se formó, tendrá una ligera veladura que se aclarará. Después de haberlo dejado secar muy bien y frotando con una gamuza rellena con algodón el espejo tomará una coloración negra uniforme en pocos minutos.

Nota: Es importante mencionar que la mayoría de los procesos “caseros” aquí descritos solo recuperan la plata metálica, es decir que la plata que no fue expuesta a los Rayos-X y la plata contenida en placas defectuosas que no fueron usadas (por ejemplo, dobladas) se pierde.

2.4 PROCESOS DE RECUPERACIÓN DE PLATA

En la actualidad no existen muchos procesos difundidos acerca de cómo volcar el contenido sólido de la placa que contiene el metal precioso, en la bibliografía se encuentra por sobre todas las cosas cómo obtener plata a partir de soluciones de procesamiento fotográfico. Esto se debe principalmente a que en el mercado lo que se encuentra más desarrollado es el reciclaje de líquidos provenientes de laboratorios fotográficos y de revelado de placas radiográficas.

Aun así, se encuentra gran cantidad de métodos para desprender la emulsión que contiene la plata en patentes y papers publicados en países como Estados Unidos, España, China, Japón, Polonia, Rumania e India entre otros.

Procesos existentes y patentados

Los métodos publicados a la fecha, en general, constan de dos etapas. En la primera etapa se separa la plata del soporte y en la segunda se recupera la plata por electrólisis o “smelting” (calentar hasta derretir). La primera etapa es habitualmente la separación por lixiviación, esta puede ser química o biológica. En la Tabla 2.5 se muestran algunos de los métodos existentes más desarrollados para la recuperación de plata a partir de placas radiográficas usadas.

Método	Reactivos utilizados	Rendim	Temperatura operativa (°C)	Método de recuperación
QUÍMICO				
1	NaClO / NaOH / HCl	-	30	Filtro, Secador, Homo
2	NaOH (0,5-2,5M) + NaCl (0,1M)	66	70 - 80	Decantación
3	NaOH (concentrac. 5-15%)	-	80	Vacuum Filtro Prensa
4	H ₂ C ₂ O ₄ (1% w/v sn.)	95	97	Filtrado, Secado, Fundición
5	High Shear, agua caliente mín. 75% vol.	99	59,5 - 92,4	No descripto
6	FeCl ₃ (15-17% en peso sn.)	99	35 - 40	Equipo de electro-deposición, cartuchos de reemplazo, precipitación, para esta sn.
7	NaCN en (0,5% sn. Acuosa a 25°C) + agua a 80°C con NaOH (5% sn. Acuosa)	90	65 - 85	Decantación o Filtrado, agregado de polvo de zinc u oxidación con sales de hipoclorito y Fundición
8	HCl (mín. 5%) + polvo de zinc	-	65 - 76	Decantación, Filtrado, Fundición
9	Sn. Caliente de Na ₂ CO ₃ o NaOH	-	100 - 110	Centrifuga
10	NaClO (sn. Acuosa) + NaOH (sn. Acuosa) + agente floculante (sn. Acuosa)	-	15 - 20	pre-Secado, Secado a 312°C, pulverización, Fundición
BIOLÓGICO				
11	Enzimas, proteasas en sn. Acuosa mín. (0,05% en peso) + C ₂ H ₄ O ₂ . NaOH (3 - 10% en peso)	95	35 - 50 y T. Ambiente para el pretrat.	Filtrado, Fundición
12	Enzimas: proteasa, amilasa o lipasa en sn. Acuosa + sn. Cáustica acuosa (1%) o sn. Acuosa de glicol (10%)	-	30 - 60	Centrifuga, o Filtro multiplato y posterior quemado (1300°C) de las hojas del filtro

Tabla 2.5 Procesos Patentados analizados

SEPARACION QUÍMICA

2.4.1 “Non-Toxic Process for Recovery of Photographic Silver” US 5064466

Este proceso fue patentado por Hilton en 1991 [39] donde las placas se cortan o trituran en partes mas pequeñas y se las sumerge en una solución de hipoclorito de sodio con suficiente cantidad de hidróxido de sodio para evitar la producción de cloro gaseoso o cloruro de plata. La temperatura de la reacción se debe mantener debajo de los 30 °C porque a esa temperatura el hipoclorito comienza a producir cloro. El pH de la solución se mantiene entre 10-11 que asegura que la plata esta en solución y no se forma AgCl.

Una vez que la materia orgánica y la plata pasaron a solución se pasa la misma por un filtro para separar las placas plásticas.

Acido clorhídrico es agregado para coagular la materia orgánica y formar ahora si AgCl (si el AgCl se forma cuando las placas plásticas están aun presentes se corre el riesgo de

que el mismo se deposite sobre las placas y se pierda). La solución se filtra y la mezcla de materia orgánica con cloruro de plata se seca.

Para obtener plata la mezcla se calienta hasta quemar toda la materia orgánica y producir plata metálica.

La solución remanente del proceso de precipitado tiene un pH entre 2-4 que debe ser neutralizado con hidróxido de sodio hasta pH 7 antes de eliminar los efluentes.

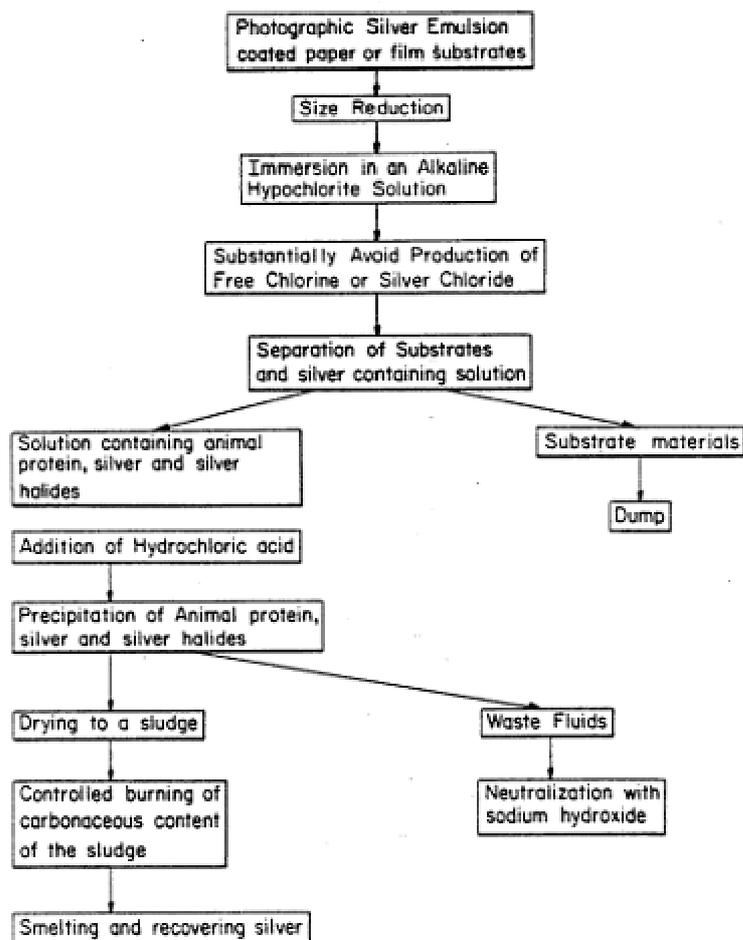


Fig. 2.4 Diagrama de flujo describiendo el proceso de Hilton (Fig. 1 en [Hilton, 1991])

2.4.2 “A Novel Silver Recovery Method from Waste Photographic Films with NaOH Stripping”

Este proceso fue desarrollado por Nuri Nakiboğlu, Duygu Toscali y Gürel Nişli en 2001 [40].

Se utilizan soluciones de Hidróxido de Sodio (0.5 – 2.5M) y Cloruro de Sodio (0.1M), empleando agua destilada.

Las películas radiográficas se lavan con agua destilada, posteriormente limpiadas con etanol y secadas al horno a una temperatura de 40 °C por 30 min.. Luego, se cortan en piezas de 4x4 cm² y se introducen y revuelven en una cuba que contiene 80 ml. de 1 – 1.5M de solución acuosa de NaOH a 70 – 80 °C hasta que la gelatina se desprende por completo. La solución resultante que contiene plata metálica coloidal negra se revuelve vigorosamente en un baño de agua a 90 – 90 °C hasta que se observa plata de grano grueso.

Dado que la plata se encuentra en un estado coloidal no puede ser fácilmente filtrada, por este motivo la plata removida es calentada dentro de la cuba con un agitador y puede ser separada de la solución por decantación.

Ventajas del Proceso: simple, rápido, económico, todo el proceso se lleva a cabo en el mismo frasco, obvia la necesidad de pasos que consumen tiempo y dinero como quemar, oxidar, filtrar, centrifugar, fundir, electrólisis o purificación.

La plata recuperada contiene menos impurezas metálicas que la recuperada por procesos enzimáticos.

No requiere altas temperaturas (900 – 1000 °C) por lo que consume poca energía.

Es un proceso libre de polución ya que carece de etapas como quemado, fundición y electrólisis.

Desventajas: tiene un bajo rendimiento, 66%. Las placas tienden a pegarse entre sí lo cual hace difícil la remoción de toda la emulsión de las placas.

2.4.3 “Recovery of Silver, Polyester and Amino Acids from Processed Film” US 3647422

Este proceso fue patentado por Eugene Wainer en 1972 [41]. En el mismo se utilizan baños en solución de NaOH (5 – 15%) mantenidos a una temperatura de 80 °C. Este baño cáustico caliente disuelve e hidroliza la gelatina que luego pasa a la solución en la forma de sales de sodio de los aminoácidos (que componen la gelatina) y libera la plata metálica en la forma de finos granos en suspensión. Para facilitar la remoción de la capa de gelatina, se utilizan reverse rolls (rodillos invertidos) o scraper bars (barras raspadoras) sobre la película a medida que esta pasa por el baño cáustico.

Después de lavar a fondo las placas de PET en agua caliente y secarlas, se las corta lo suficientemente pequeñas como para que pueda ser automáticamente alimentado a su reciclaje o disposición final.

El líquido proveniente del tratamiento cáustico es a partir del cual se recuperan el cáustico, la plata y los aminoácidos. El mismo es bombeado a un filtro prensa de vacío (puede ser rotatorio o del tipo placa y marco). El polvo de plata metálica forma una “torta” producto del filtrado, la misma es lavada en la prensa y rasquetada continuamente. Luego, mediante un proceso de secado el polvo de plata metálica es transformado a pequeñas briquetas que posteriormente pasan a un proceso de fundición.

El filtrado obtenido en la prensa filtro es bombeado a un tercer compartimiento, una celda electrolítica tipo diafragma. El líquido proveniente del lavado de la “torta” es alimentado al compartimiento central de la celda. Al ser electrolizado, el líquido que pasa al compartimiento catódico tiene una concentración cáustica y pureza suficiente como para ser reciclada a los tanques donde la película es inicialmente tratada. En el compartimiento anódico son colectados los aminoácidos que posteriormente son separados por cristalización fraccionada.

Ventajas: se recicla la totalidad de la placa obteniendo plata, aminoácidos y PET

Desventajas: al igual que en el proceso anterior las placas se aglomeran haciendo difícil la recuperación de la emulsión. Este proceso requiere inversión en infraestructura y equipamiento especial (que no ha sido especificado) lo cual significa mayores costos. El tiempo del proceso se ve prolongado por la cantidad de pasos sucesivos a ser llevados a cabo en distintos compartimentos.

2.4.4 “Clean technology for the recovery of silver from processed radiographic films”

Este proceso fue desarrollado por S. Syed, S. Suresha, L.M. Sharma y A.A. Syed en 2001 [42]. Las placas radiográficas procesadas son cortadas en fragmentos pequeños, 200 gr. son hervidos a 97 °C por 5 min. en una solución de 500 ml. de ácido oxálico (1% w/v). A fin de determinar que el proceso para extraer la emulsión que contiene la plata ha terminado debe observarse que el color negro desaparece de la película y aparece un color azul claro correspondiente al PET. Este proceso toma aproximadamente 5 minutos.

El lodo que se forma es separado por filtración, secado y fundido para recuperar plata pura.

Ventajas: el consumo de ácido oxálico es muy bajo (inferior a 1 gr./Kg. Película) y el costo del reactivo es bajo.

La solución lixiviada, el ácido oxálico puede ser utilizado repetidamente. Una vez que la solución de ácido oxálico se “gasta”, el mismo puede ser recuperado mediante cristalización y comercializado como ácido oxálico crudo.

El rendimiento de la reacción es elevado, 95%.

Desventajas: El principal riesgo es la posible formación de oxalato de plata el cual es explosivo.

El ácido oxálico se encuentra en pequeñas concentraciones en plantas tales como espinaca y ruibarbo pero es dañino para los humanos en concentraciones superiores. La ingestión de ácido oxálico puede ser mortal, el contacto dérmico puede producir daños en la piel y en los tejidos finos. Su inhalación puede causar daño a las mucosas (aun así es menos tóxico que las reacciones con NaCN o HNO₃).

2.4.5 “Recovery of Silver from Photographic films by High Shear conditions” US 4612057

Este proceso fue patentado por Kenneth R. Buser y Thomas A. Rettig en 1986 [43].

La película es cortada en pequeñas piezas de tamaño y forma irregular en un rango de 2 a 20 mm.. Luego, las piezas son mezcladas en agua (máx. 75% vol.) caliente a una temperatura entre 59.5 °C y 92.4 °C. La mezcla es sujeta a fuerzas tangenciales hasta que la emulsión de plata es removida por competo. El agua que contiene la emulsión removida es separada de las piezas, las mismas pueden ser tratadas para recuperar poliéster puro por medio de la remoción de la capa de PVCD.

Ventajas: proceso simple y económico que permite recuperar tanto la plata como el poliéster de la película radiográfica.

Tiene un alto rendimiento, 99%.

Es ampliamente conocido que los haluros de plata pueden ser separados de sus substratos por simple tratamiento con agua caliente. Este procedimiento tiene dos importantes desventajas. Primeramente, la baja eficiencia de la reacción y en segunda instancia el hecho de que las placas tienden a aglomerarse cuando están dispuestas en agua caliente o soluciones alcalinas calientes, esto trae enormes problemas al tratar de remover toda la emulsión de plata.

2.4.6 “Method for Recovering Silver from Waste Photographic film and paper” US 4759914

Este proceso fue patentado por Harold Messerschmidt en 1988 [44]. En el mismo recomienda el uso de cloruro férrico correctamente diluido y no requiere controles específicos o ajustes químicos del baño oxidante.

La solución oxidante contiene preferentemente 15 – 17% en peso de cloruro férrico a pH 2 mantenida a una temperatura de 35 – 40 °C. Las películas son tratadas con esta solución, una vez desprendida la emulsión se toma la placa y se la sumerge en una solución fijadora de tiosulfato [45] (puede provenir de fijadores desechados por procesadores fotográficos o sin uso) y se recupera la plata por reducción mediante el uso de equipos de electro-deposición.

Ventajas: rápido, permite preservar el soporte de poliéster.

Alto rendimiento, 99%

Desventajas: El tiosulfato es tóxico y el tratamiento de los efluentes puede tornarse complicado. Los reactivos son substancialmente más caros que el resto de los procesos.

2.4.7 “Silver Recovery Process” US 3649250

Este proceso fue patentado por Adrian C. Dorenfeld y Gust Bitsianes en 1972 [46]. Primeramente deben cortarse las películas hasta obtener piezas de menos de 1”², luego se calienta por menos de una hora una mezcla acuosa a 80 °C con dichas piezas (15 partes de agua a 1 de placas, en peso) en presencia de un agente tal como el hidróxido de sodio (5%). De este modo se convierte toda la plata contenida en la emulsión en iones plata en solución.

Una vez transcurrido el tiempo adecuado, la mezcla es decantada o filtrada para así separar la fase acuosa de la inmisible. Luego, la fase acuosa puede ser re-utilizada o descartada.

Posteriormente, la fase inmisible es tratada con agitación suave en una solución acuosa de NaCN (0.5%) a temperatura ambiente (20 – 25 °C). El tiempo que tarda la plata en transformarse en cianuro de plata es variable, normalmente toma menos de 30 min., sin embargo bajo ciertas circunstancias puede tomar más de 24 hs..

La recuperación de la plata metálica es llevada a cabo mediante técnicas conocidas como es el proceso Merrill-Crowe. Es sabido que la plata puede ser recuperada a partir de soluciones acuosas de NaCN mediante el agregado de polvo fino de zinc o puede oxidarse el cianuro a CO₂ y N₂ mediante el agregado de sales de hipoclorito y su posterior fundición.

Ventajas: es un proceso que permite la recuperación de plata económicamente aun con películas que contienen bajo contenido de plata.

Alto rendimiento, 90%.

Desventajas: el cianuro de sodio es altamente tóxico, el proceso involucra varias etapas a ser llevadas a cabo en distintos compartimentos, el tiempo que toma el proceso es variable y no es muy eficiente.

2.4.8 “Precious Metals Recovery Method” US 3660079

Este proceso fue patentado por Hargovind L. Govani en 1972 [47]. En el mismo se calienta y agita mecánicamente en HCl (mín. concentración del 5%) a al menos 65 °C (76 °C o más preferentemente) determinada cantidad de placas a reciclar, luego se agrega polvo de zinc sin detener la agitación lo cual provoca que este precipite como plata metálica. A continuación la solución es decantada, la plata precipitada es preferentemente lavada con agua y filtrada (vacuum belt filter) y la “torta” resultante es fundida para formar lingotes.

Ventajas: Es un proceso rápido

Desventajas: la cantidad de polvo de zinc necesaria para que se concrete la reacción en su totalidad debe ser determinada antes de que el proceso se lleve a cabo, determinando la proporción de plata presente en el baño. Esto implica inversión en tecnología precisa que determine la concentración de plata en solución, dado que es imposible estimar la plata a partir de la cantidad de placas procesadas porque la cantidad contenida en ellas es altamente variable (debido al grado de exposición, al tipo de placa, etc.).

Deben tenerse mucho cuidado con la concentración de HCl (altamente corrosivo para el recipiente), y con la temperatura (si no es la adecuada, al introducir el polvo de zinc los líquidos al reaccionar se sobrecalientan).

2.4.9 “Method and Apparatus for Recovering Silver and Plastic from used film” US 4392889

Este proceso fue patentado por Kenneth M. Grout en 1983 [48]. El mismo es un proceso adaptado para placas en la forma de películas individuales. La pila de placas puede consistir en una colección azarosa de soportes de poliéster y acetato de diversos tamaños.

Inicialmente se introduce, mediante un mecanismo especialmente diseñado, a la película dentro de un baño de NaOH o Na₂CO₃ a una temperatura constante comprendida entre 100 – 110 °C, el mismo ataca a la emulsión de plata hasta que se separa de la película y se deposita como un lodo en dicho baño. El tiempo que toma completar la remoción de la emulsión es de aproximadamente 45 seg..

Luego se remueve el lodo de la solución y se envía a una centrífuga donde se separan las partículas de plata sólida contenidas en el lodo de la parte líquida.

Posteriormente la placa, limpia de emulsión, pasa por un mecanismo de selección el cual diferencia y separa el acetato del poliéster. El acetato es enviado a una sección determinada como scrap y el poliéster continua su procesamiento por un segundo baño cáustico que ataca y remueve las capas de adhesivo superficial del soporte de poliéster en aproximadamente 75 seg.. Finalmente sale del segundo tanque y se introduce en el compartimiento de secado, del que emerge limpio y seco lista para darle uso.

Ventajas: simple, rápido, permite recuperar tanto la plata como el PET, óptimo para grandes volúmenes de placas, evita que la eficiencia disminuya por superposición de las placas, los baños de solución cáustica mantienen medianamente su volumen inicial dado que se reciclan y regresan al tanque original por diversas cañerías.

Desventajas: Las placas tienden a aglomerarse en presencia del NaOH caliente lo cual hace complicada la separación de la emulsión. Requiere inversión en máquinas centrífugas, que son extremadamente caras y requieren cuidadosa atención y mantenimiento.

2.4.10 “Silver Recovery Process” US 3960550

Este es un proceso patentado por William L. Dusenberry en 1976 [49] donde se adapta un tanque de fibra de vidrio para que contenga una solución de hipoclorito de sodio a una temperatura de 15 – 18 °C. La solución de 189lts. de agua en la que se introduce una solución blanqueadora (14% en peso de hipoclorito de sodio). El cociente entre el agua y la solución blanqueadora es una parte de solución blanqueadora por cada diez partes de agua.

Por otro lado, se encuentra otro tanque lleno de agua. Estos tanques se comunican con una lavadora rotatoria (similar a un lavarropas). La misma posee un tambor rotatorio donde se mezclan las películas.

El primer paso consta de colocar las películas en esta máquina rotatoria en ausencia de fluidos de manera tal que las placas se mezclen en seco y se separen para así evitar la superposición y consiguiente disminución de la eficiencia del proceso. Una vez que se han separado, se introduce la solución de hipoclorito por medio de un sistema válvula/bomba, mientras las placas son mezcladas y lavadas hasta que la emulsión es removida. El tiempo promedio de este ciclo es de 4 min., luego la solución es extraída de la máquina por el mismo mecanismo por el que ingresó y regresa al tanque.

Posteriormente el agua del otro tanque es bombeada al interior de la máquina rotatoria y opera por 2 min. hasta que lava las películas para luego retornar al tanque.

La solución de hipoclorito es utilizada repetidamente en la máquina hasta que deja de remover eficientemente la emulsión, en ese momento se la drena a un tanque de asentamiento. En el mismo se agrega a medida que se agita la solución, 2.8lts. de solución de hidróxido de sodio (151lts. agua por cada 6.8 Kg. NaOH) y 2.8lts de solución de “Separan” (151lts. de agua y 388 gr. de agente floculante) y se lo deja reaccionar por un período de 12 a 24hs..

Posteriormente el líquido es drenado al tanque de hipoclorito y el lodo es colocado en bolsas de lona y se lo cuelga de modo que drene. Una vez que comienza a secarse se lo extrae de las bolsas y se lo introduce en contenedores que son colocados en un horno a 312 °C por 8 hs. hasta que el lodo se seca y forma una “torta”. Luego, las tortas son pulverizadas; 1200 gr. son colocados en el fondo de un crisol y se agrega en la capa superior una mezcla en polvo de 600 gr. en peso de carbonato de sodio y 600 gr. en peso de ácido bórico. Después se le da calor al crisol hasta que la plata pasa a estado líquido y es colocada en un molde quedando el flux en la parte superior, una vez enfriado el molde el flux se rompe y es retirado.

Ventajas: No necesita de equipamiento costoso.

Desventajas: proceso largo, involucra muchas etapas e infraestructura, consume mucho tiempo, requiere inversión en floculante, pueden existir efluentes gaseosos tóxicos cuando se coloca la torta en el horno.

SEPARACION BIOLÓGICA

2.4.11 “Process for Metal Recovery” US 3748123

Este proceso fue patentado por Lubertus Bakker en 1973 [50]. En este método se hace un pre-tratamiento de las piezas cortadas a partir de película radiográfica a temperatura ambiente con una solución acuosa alcalina como NaOH (3 – 10% en peso) para atacar la emulsión gelatinosa antes de someterla a la solución con la enzima. El tratamiento en la solución alcalina toma un máximo de 2 hs. pero por lo general es completado entre 30 – 40 min.. Luego se extraen los trozos de placa y se permite que la solución descansa entre 15 – 30 min.. Durante el asentamiento, se permite que los trozos extraídos decanten en la solución. Una vez completado el asentamiento, la solución se saca por sifón para prevenir pérdidas innecesarias de producto.

El soporte recuperado debe ser lavado con agua (quedando listo en caso de querer recuperar el PET) y este remanente líquido se suma a aquel correspondiente a la solución alcalina.

El residuo sólido de la solución alcalina es sumergido y agitado en una solución acuosa de proteasas (mín. 0.05% en peso), a un pH comprendido entre 4.5 – 6 y una temperatura entre 35 – 50 °C. La solución es preferentemente acidificada con ácido acético el cual permite mantener el pH de la solución.

El tiempo necesario para completar la digestión de la emulsión por las enzimas es finito pero indeterminado, por lo general no más de 2 hs.. Una vez más se deja asentar a esta solución para luego recuperar por sifón la solución con la enzima. El lodo obtenido puede ser filtrado y fundido.

Ventajas: permite reciclar mediante un proceso paralelo el soporte de poliéster, no requiere de grandes inversiones en equipamiento o infraestructura.

Alto rendimiento, 95%.

Desventajas: Costoso por el tipo de filtros que emplea, proceso muy lento y de tiempo indefinido.

2.4.12 “Process for stripping photographic materials” US 4150977

Este proceso fue patentado por Patrick A. Phillips en 1979 [51]. En el mismo la película es introducida y agitada en un tanque que contiene agua caliente y al menos una enzima elegida de la familia de las proteasas, amilasas o lipasas a una temperatura comprendida entre 30 – 60 °C. y un pH entre 5 y 9. Luego se la extrae para ser colocada y agitada en otro tanque en cuyo interior contenga a) una solución acuosa débil de glicol (10% glicol) o b) una solución cáustica débil (1% cáustico). Posteriormente se la extrae y se la seca y el líquido del tanque es enviado a una centrífuga o a un filtro multiplato donde se separa la fase líquida de la sólida. En caso de utilizar un filtro multiplato, cada un período determinado de tiempo las hojas que se encuentran en el interior del filtro son retiradas y quemadas (532 – 642 °C) obteniendo plata metálica.

Ventajas: permite reciclar mediante un proceso paralelo el soporte de poliéster, las soluciones empleadas son “purificadas” y reutilizadas.

Desventajas: proceso muy lento, requiere de grandes inversiones en equipamiento o infraestructura.

2.5 PROCESOS MÁS DIFUNDIDOS PARA LA RECUPERACIÓN DE PLATA EN SOLUCIÓN

Las técnicas comunes que se emplean para recuperar la plata de soluciones de procesamiento fotográfico enriquecidas con plata producen un material cargado de plata que es único en su género.

Refinar estos materiales cargados de plata requiere diferentes procesos. La diferencia del costo asociado con la refinación se debe principalmente a la complejidad que trae aparejada cada proceso.

Los métodos comúnmente empleados para recuperar la plata en soluciones enriquecidas con plata son el reemplazo metálico, el intercambio de iones y la recuperación electrolítica. Cabe remarcar que en todos los casos la recuperación es a partir de una solución fijadora (ya que es el último paso para completar el revelado de una película) cuyo componente principal es el tiosulfato (de amonio o de sodio).

Por ejemplo, el intercambio de iones funciona por la atracción del complejo de tiosulfato de plata de carga negativa hacia las regiones con carga positiva en la resina. Sin embargo, este método sólo funciona en soluciones disueltas como aguas de lavado (donde la concentración es menor o igual a 200 mg./l.), ya que a altas concentraciones saturan rápidamente la resina.

En el caso del reemplazo metálico, el hierro reacciona con el tiosulfato de plata en solución para producir iones de hierro y plata metálica.

Este método hace uso del hecho de que el hierro es más activo que la plata. La plata en solución se intercambia a través de una reacción REDOX con hierro sólido (lana de acero, partículas de hierro) ubicado en un contenedor denominado cartucho para la recuperación metálica (MRC), o cartucho de recuperación de plata (SRC).

En cuanto a la recuperación electrolítica, una corriente eléctrica reduce el complejo de tiosulfato de plata en solución y lamina al electrodo de carga negativa (cátodo) con plata metálica de alta pureza.

Otro método es la precipitación, en la cual soluciones enriquecidas con plata son metidas dentro de un recipiente de reacción y mezcladas con un agente precipitante. Luego, se asienta un complejo insoluble de plata y se filtra como sedimento para ser refinado.

Otras tecnologías tales como: ósmosis invertida, destilación y evaporación pueden producir un lodo de plata; sin embargo, solamente alteran la concentración de la plata y no la remueven de la solución.

Una vez obtenida la plata en solución de tiosulfato ya sea mediante alguno de los procesos descritos en la sección anterior o por otra técnica, se debe proceder a la recuperación de la plata metálica. Las técnicas más comunes se describirán a continuación:

- a. Electrólisis
- b. Substitución Metálica
- c. Precipitación
- d. Intercambio de Iones
- e. Destilación y Evaporación
- f. Ósmosis Inversa

a. ELECTRÓLISIS

Durante este proceso un electrón es transferido del cátodo a la plata cargada positivamente, convirtiéndola a su estado metálico, la cual se adhiere al cátodo. En una reacción simultánea en el ánodo, un electrón es removido de algunas especies en solución (generalmente sulfitos de plata).

Pueden obtenerse valores de eficiencia de hasta un 90 % al recuperar plata de fijadores de proceso de blanco y negro. Sin embargo, son necesarias mayores densidades de corriente, tiempos mayores y ajustes de pH debido a complejos de hierro presentes. A su vez, extendiendo el tiempo de electrólisis o elevando la densidad de corriente puede acarrear menores eficiencias debido a la precipitación de sulfitos sobre el cátodo.

Para reducir la concentración de plata por debajo de los 5 mg./l., la electrólisis debe ser seguida por otro método de recuperación, como por ejemplo el reemplazo metálico o intercambio de iones.

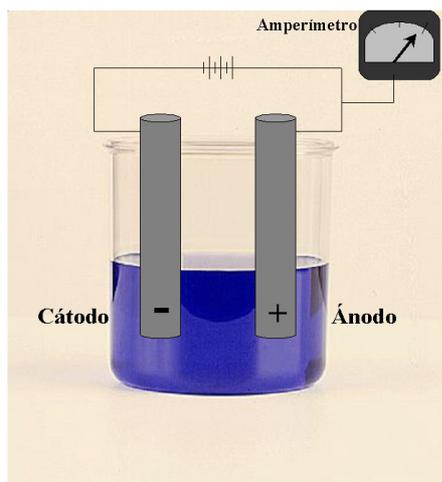
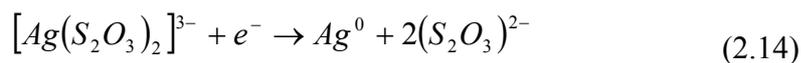


Fig. 2.5 Típica célula de recuperación de plata electrolítica

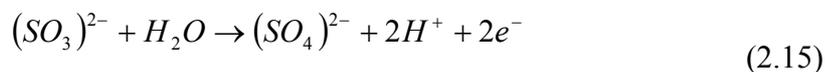
Las típicas reacciones de oxidación y reducción de una solución de tiosulfato y sulfito de sodio en los electrodos son las siguientes:

Cátodo:



Tiosulfato de Plata Complejo + Electrón → Plata Metálica + Tiosulfato

Ánodo:



Sulfito + Agua → Sulfato + Iones de Hidrógeno + Electrones

La electrólisis produce plata metálica casi pura, levemente contaminada por algunas reacciones superficiales que también ocurren.

Clases de Unidades

Existen tres clases de celdas básicas:

- Cátodo fijo
- Cátodo rotativo
- Recirculación en línea (células de cátodo fijo o rotativo con controles electrónicos especiales)

Las unidades de cátodo fijo se usan generalmente para soluciones bajas en hierro. En contrapartida, las células de cátodo rotativo se usan comúnmente en soluciones que contienen un nivel elevado de hierro quelato.

El hierro en estas soluciones produce una reacción electro-química que compite con la reducción de plata en el cátodo. Para compensar la competencia se necesita un aumento de movimiento de flujo a través del cátodo para producir una eficacia mayor de platinado. La desventaja de las unidades de cátodo rotativo es que tienen más partes, lo cual hace a un costo mayor del equipo y de mantenimiento.

En la recirculación en línea de fijador o "recirculación de circuito cerrado de fijador", la solución es desplatada continuamente y regresada al tanque del procesador.

Electrólisis Terminal

En soluciones que contienen una cantidad elevada de hierro (por ej. blanqueador-fijador) el plateado procede más eficientemente en un estado levemente alcalino (con un pH alto). A fin de controlar el pH se puede añadir hidróxido de sodio, carbonato o bicarbonato de sodio. Cabe remarcar que no debe exceder un pH de 8 ya que puede desprender amoníaco.

El proceso de recuperación electrolítica es eficiente y a un costo efectivo, utilizando equipo para uso repetido y con poco o ningún aditivo químico.

El proceso se lleva a cabo de alguna de las siguientes dos maneras:

- El cátodo es movido dentro de la solución y la corriente negativa es aplicada a este cilindro rotatorio.
- El líquido es bombeado rápidamente sobre el cátodo estacionario. Esta metodología suele ser menos eficiente que las células rotativas. Sin embargo, son más utilizadas ya que requieren menos mantenimiento.

Electrólisis en Línea

Con esta tecnología, el fijador es recirculado entre el tanque para el procesamiento y una unidad especialmente diseñada para la recuperación electrolítica de la plata.

Cuando es necesario se añade más sulfito al fijador para compensar la reducción del mismo durante la electrólisis y la recirculación. En algunos procesos, es posible reducir el agregado de fijador durante la recirculación hasta la mitad ya que si el

funcionamiento es correcto no descompone significativamente la mayoría de los constituyentes del fijador.

La recuperación de la plata por medio del proceso electrolítico es, en muchos casos, la forma más eficiente y de un costo efectivo para remover la plata de soluciones enriquecidas con plata. Sin embargo, concentraciones de plata que salen de la unidad del proceso electrolítico usualmente están alrededor de 200 mg./l. y se necesita una recuperación secundaria para poder respetar los límites regulatorios de descarga (No es así en Argentina ya que la descarga de plata no esta regulada).

La Hojuela de Plata

Las unidades electrolíticas producen una hojuela metálica de plata de un color gris-marrón. El funcionamiento inadecuado de la unidad puede causar la formación de sulfuro de plata negro en la plancha, reduciendo así la eficiencia de la unidad.

La recuperación electrolítica de la plata usualmente produce el material de más alta pureza cuando se compara a otras técnicas de recuperación.

Cuando la cantidad de plata depositada en el cátodo ha llegado a una densidad superior a 5mm, puede ser removida y refinada teniendo ciertas precauciones. Antes de removerla, la plata depositada debe ser enjuagada para quitar el excedente de solución de procesamiento fotográfico.

Una vez enjuagado, se coloca el cátodo sobre una hoja plástica. Luego, se rompe el reborde alrededor de la parte de arriba y de abajo del cátodo utilizando un martillo de goma. Cuidadosamente debe arrancarse la plata del cátodo usando un rascador de pintura o una herramienta similar. A continuación la hojuela debe partirse para permitir que se seque antes de ser refinada. Finalmente el cátodo debe enjuagarse para poder ser reutilizado.

Remoción de la Plata del Cátodo

La unidad debe ser establecida correctamente desde un principio para obtener un buen funcionamiento, buena calidad de la hojuela producida y la facilidad con que se la puede remover del cátodo. Un aspecto clave es la preparación de la superficie para luego poder remover fácilmente la hojuela de plata del cátodo.

Es aconsejable pulir ligeramente, antes de comenzar el proceso, la superficie con una estopa de acero. En algunos casos donde hay dificultad en removerla será de gran utilidad si antes de comenzar el proceso se limpia la superficie con una capa delgada de cera de automóvil.

b. SUBSTITUCIÓN METÁLICA

La base para la sustitución metálica es la reducción por medio de hierro metálico del complejo de tiosulfato de plata a plata elemental.

Para que suceda de modo controlado, las soluciones enriquecidas con plata son forzadas a pasar por un recipiente de virutas de acero, partículas de hierro, o resina impregnada con hierro (Fig. 2.6) comúnmente denominado como cartucho de reemplazo metálico; MRC. Con el uso, la superficie de hierro activo se va reduciendo y empezarán a abrirse canales en el hierro. Por este motivo, el rendimiento de recuperación disminuirá paulatinamente hasta que el cartucho sea substituido por otro.

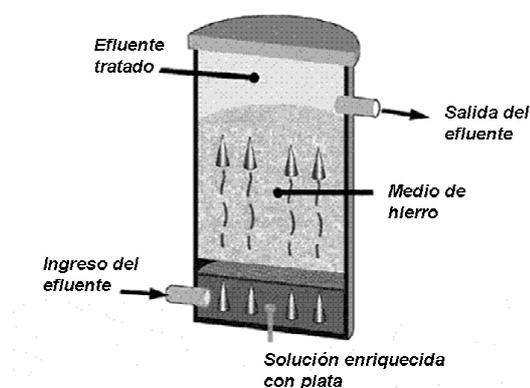
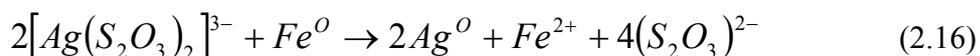


Fig. 2.6 Cartucho de reemplazo metálico

Un MRC bien diseñado y cuidado puede recuperar más del 90% de la plata en las soluciones enriquecidas con plata. Mientras que dos MRCs en serie pueden recuperar más del 95%.

Las soluciones enriquecidas de plata son lentamente metidas dentro del cartucho para obtener mejores resultados. De este modo, la plata queda en el cartucho mientras que el hierro es solubilizado y es llevado fuera por la solución.

Al igual que el proceso electrolítico, la sustitución metálica es un proceso REDOX y la reacción correspondiente es:



Complejo de Tiosulfato de Plata + Hierro Metálico \rightarrow Plata Metálica + Ion Hierro + Tiosulfato

La concentración final de plata en solución depende de varios factores. Entre estos se destaca el pH, el área de la superficie del hierro, el tiempo de contacto, la concentración inicial de la plata, la concentración del tiosulfato, y el volumen a ser tratado. Si el MRC funciona según Standard, la concentración de la plata puede ser reducida a menos de 5 mg./l..

Con el correr del tiempo pueden formarse ranuras o desvíos en el interior del cartucho. Estos crecen con el tiempo y eventualmente las virutas de hierro pueden desplomarse internamente causando la penetración de la plata (que no será recuperada) mucho antes de que el hierro sea consumido.

Con el fin de prevenir pérdidas de plata indeseables el sistema consiste de dos cartuchos en serie. Periódicamente debe comprobarse el rendimiento del primer cartucho en cuanto a la recuperación de plata. Cuando el primer MRC se ha agotado, debe ser quitado de la cadena, trasladando el que ocupaba la segunda posición al lugar del primero y situando uno nuevo en la segunda posición.

La sustitución metálica puede ser empleada tanto como tratamiento primario o secundario (en soluciones tratadas primariamente por electrólisis).

Este método presenta ciertas desventajas como por ejemplo el hecho de que las soluciones que han pasado por cartuchos de sustitución metálica no pueden ser reutilizadas para procesamiento puesto que el hierro disuelto y otros productos secundarios de la reacción contaminarán las soluciones en el tanque procesador. Otro aspecto desfavorable es que el residuo de plata de los cartuchos es relativamente costoso de refinar. Por otro lado, existen regulaciones locales que limitan las descargas de hierro al desagüe.

La mayoría de las soluciones fotográficas pueden ser desplatadas usando apropiadamente un MRC o sistema de MRC. Sin embargo, existen ciertas excepciones como fijador directamente precedido por blanqueador ferricianuro y fijadores con un alto pH entre otras.

El mayor y más importante factor que influencia el rendimiento de los MRCs es el tiempo que pasa la solución dentro del cartucho.

Por otro lado, debe controlar el pH de la solución que pasa a través del sistema. Para que sea eficiente, el pH debe ser ácido (idealmente debe estar entre 5.5 y 6.5) para así estimular que las virutas de acero se disuelvan.

Típicamente el MRC agotado contiene un lodo oscuro líquido enriquecido con plata que es una combinación de hierro metálico degenerado y plata reunida. Si está completamente agotado, un MRC debe contener 20-40% de plata por peso seco.

El lodo contenido dentro de la envoltura sellada del MRC es enviado a la refinería.

Entre las ventajas de los MRC se destaca el costo relativamente bajo, su buen funcionamiento con una gran variedad de distintas clases de soluciones y el hecho de ser una tecnología simple que no requiere un alto grado de sofisticación.

En cuanto a las desventajas de este método puede mencionarse el costo de refinación (cuesta más dinero refinar las latas exhaustas que la recuperación de la plata por medio de otras técnicas), el hecho de que requieren ser observados para percibir rupturas y que descargan hierro a los efluentes.

c. PRECIPITACIÓN

La precipitación permite remover la plata mediante el uso de agentes floculantes y precipitantes, estos últimos clásicamente han sido sales alcalinas metálicas de sulfuro (sulfuro de sodio, potasio, etc.) las que luego forman sulfuro de plata que es removido por filtración (Fig. 2.7).

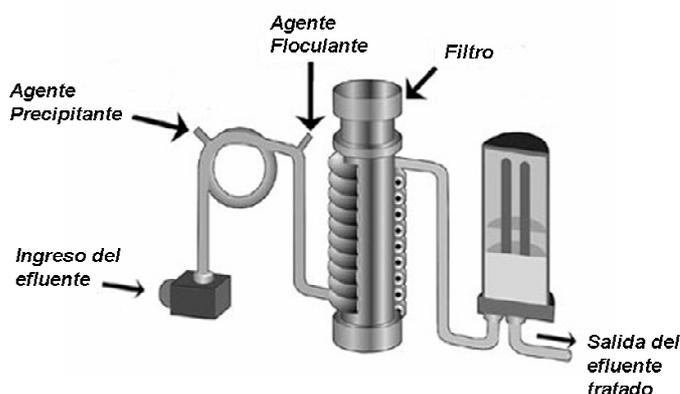


Fig. 2.7 Esquema de la recuperación por precipitación

La falta de aceptación de este proceso se le atribuye a dos factores:

- Antes de agregar el sulfuro debe medirse exactamente la concentración de plata en solución para así prevenir una dosis excesiva y el desprendimiento de sulfuro de hidrógeno gaseoso (tóxico).

- El precipitado de sulfuro de plata es difícil de filtrar y requiere personal entrenado para desplatarlo.

Otros procedimientos de precipitación tratan de convertir la plata en solución al estado metálico por medio del agregado de compuestos fuertes de reducción como ser el hidruro de boro. Este método es mayormente utilizado por compañías de servicio de soluciones que emplean técnicos profesionales y tienen en cuenta serias consideraciones de seguridad cuando manejan químicos como este.

La compañía Eastman Kodak ha desarrollado una tecnología para la recuperación de plata por medio de la precipitación. Esta técnica emplea un químico con el nombre de KODAK Silver Recovery Agent (KODAK SRA o TMT; tri-mercapto-s-triazina), el cual produce un compuesto de plata insoluble y más fácil de filtrar que el sulfuro de plata.

El precipitado puede variar de color desde un verde claro a un amarillo brillante. Correspondiendo el amarillo brillante a un contenido de plata más alto (50-70% plata por peso seco).

El precipitado se colecta usando filtración con una unidad específica de recuperación de plata de la misma compañía. El material colectado no requiere enjuague, puede enviarse a una refinería humedecido o después de ser secado al aire o bien refinarse in-situ.

Si se opta por la segunda opción, debe removerse el precipitado de la envoltura del filtro. Luego, se calienta el material con el fin de remover cualquier residuo de agua o compuestos orgánicos y posteriormente se introduce en un proceso de fundición.

La tecnología de precipitación KODAK SRA fue diseñada para el uso como un tratamiento secundario después de la electrólisis. Entre las ventajas que presenta como tratamiento secundario frente a los MRC se destacan resultados más consistentes de baja plata y menor costo, a largo plazo.

Aun así la precipitación no es un método tan utilizado por los químicos y personal experimentado que requiere.

d. INTERCAMBIO DE IONES

Este método se basa en la sustitución de un ión en solución por uno que está unido a una molécula de polímero de tamaño grande. Un sistema típico consiste de una columna de resina y un tanque el cual contiene una solución salina la cual se usa para la regeneración de la resina. El polímero (resina) contenido en columnas es suministrado

como pequeños glóbulos y en función de su afinidad hacia ciertos químicos descompuestos es elegido para removerlos de la solución.

Durante el ciclo de regeneración, la resina es activada llenando todos los lugares de intercambios con iones de intercambio (como por ej. cloruro o sodio).

A medida que la solución que va a ser tratada pasa a través de la columna con resina, la resina descarga el ión de intercambio por un ión de mayor preferencia.

El intercambio de iones trabaja mejor en soluciones diluidas como el agua de limpieza del proceso fotográfico.

Las soluciones concentradas son medidas en el tanque de aguas de limpieza después de la primera recuperación de plata para mantener una conductividad en el lavado alrededor 2200 mScm (micro Siemens por centímetro). Si se le permite al tiosulfato llegar a un nivel muy alto, competirá por lugares de intercambio en la resina y la consecuencia será una capacidad de recuperación baja y la plata no será recobrada eficientemente sino que pasará a través de la columna.

El intercambio de iones puede realizarse de dos modos, estos solo difieren en el paso de la regeneración, donde la plata es removida de los lugares activos en la resina:

1. Regeneración por medio de un disolvente (regeneración por levigación)

Esta resina tiene la consistencia de arena mojada y es de color verde.

Cuando la columna de intercambio se agota y ya no es capaz de absorber más plata, se pasa una solución concentrada de tiosulfato (hiposulfito de sodio) a través de la misma para así extraer la plata de los glóbulos, transportándolos fuera de la columna. Luego, la solución de tiosulfato es desplatada electrolíticamente.

Cabe remarcar que después de la regeneración la resina no retiene cantidades apreciables de plata.

2. Regeneración en el lugar de origen

Cuando la columna de intercambio se agota, se envía a través de la resina una solución diluida de ácido sulfúrico. Este ácido descompone el complejo de tiosulfato de plata que se encuentra en la resina. Entre los productos secundarios de esta descomposición se encuentra el sulfuro de plata (extremadamente insoluble) el cual es precipitado dentro del mismo glóbulo de la resina. Los lugares de intercambio quedan libres para la

recuperación adicional de la plata, mientras que el sulfuro de plata permanece en los glóbulos.

Una vez que la resina se agota, lucirá negra, hinchada, y con glóbulos fracturados. Cuando sucede esto, se remueve de la columna de intercambio de ión y se envía a refinar.

Generalmente la resina se seca y se muele para luego calentar el material y así remover cualquier residuo de agua o compuestos orgánicos y después se introduce en un proceso de fundición.

e. DESTILACIÓN Y EVAPORACIÓN

Destilación

En este método, el efluente es capturado en un recipiente y calentado hasta que el agua se evapora. En algunos dispositivos, la solución es hervida y el vapor es condensado. En otros, simplemente se calienta la solución y se descarga la humedad evaporizada al aire.

Aunque algunos equipos pueden producir un bloque sólido de los efluentes, los requerimientos de energía pueden ser prohibitivos y los efluentes calientes suelen a dar olores agrios y desagradables pudiendo inclusive emitir gases cuya liberación se encuentra restringida por la ley.

Evaporación

Método también conocido como destilación al vacío o evaporación a temperaturas frescas. Mediante este proceso, se somete al recipiente que contiene los efluentes a una presión de vacío. En estas condiciones la solución hervirá y el vapor del agua será extraído del recipiente, y condensado. Estos dispositivos suelen reducir el volumen del efluente hasta un 90%, pero el costo inicial del equipo es alto.

Bajo esta metodología deben tratarse los concentrados para remover la plata. Los condensados del agua que han sido reunidos contendrán materia orgánica, cierta cantidad de amoníaco y posiblemente sulfito.

f. ÓSMOSIS INVERSA

Este es un proceso de concentración por medio del cual iones son retenidos en un lado de una membrana semi-permeable mientras que se le permite al agua pasar a través de la misma.

Posteriormente el concentrado obtenido puede tratarse para recuperar la plata.

A continuación se presenta resumida la información desarrollada sobre los procesos más difundidos de recuperación de plata (Tabla 2.6 y 2.7).

Materiales cargados de plata	Aspecto físico	% típico de plata (por peso seco)
Hojuela de plata	Sólido gris-marrón	> 90
Lodo de Cartucho de reemplazo metálico	Líquido oscuro/Lodo	20 - 40
Agente precipitado Kodak	Lodo desde verde claro a amarillo	50 - 70
Resina de intercambio iónico (in-situ)	Glóbulos negros hinchados	40 - 60
Resina de intercambio iónico (por levigación)	Arena verde mojada	2 - 4

Tabla 2.6 Materiales de las operaciones de recuperación de plata

	Electrólisis Terminal	Recirculación Electrólisis en línea	Substitución Metálica	Precipitación de Sulfuro	Precipitación KODAK SRA	Intercambio de Iones
Concentración Inicial de Plata	2000 a 12000 mg/L	500 a 7000 mg/L	Variable	Variable	>250 mg/L	<30 mg/L
Concentración Final de Plata	50 a 250 mg/L	Ajustable-usualmente 250 a 1000 mg/L	0,5 a 15 mg/L	0,1 a 1 mg/L	0,3 a 1,5 mg/L	0,1 a 1 mg/L
Soluciones Tratables	La mayoría de soluciones enriquecidas de plata	Fijadores en ciertos procesos	La mayoría de soluciones enriquecidas de plata	La mayoría de soluciones enriquecidas de plata	La mayoría de soluciones enriquecidas de plata	Aguas de limpieza y soluciones que contienen hiposulfito de sodio muy diluido
Costo de Capital	\$2000 a \$30000 dependiendo del tamaño y la sofisticación del equipo	\$1500 a \$8000 dependiendo del tamaño y la sofisticación del equipo	\$50 a \$3000 necesitan un tanque y sistema de bombeo para mejores resultados	\$2000 a \$10000	\$3300 a \$75000 dependiendo del grado de automatización	\$10000 a \$100000
Costo operativo	Bajo	Bajo	Alto	Mediano	Mediano	Alto
Ventajas	Puede producir plata pura >90%	Reduce al mínimo la salida de la plata a la siguiente limpieza	Puede ser relativamente barato	Consistentemente bajo en concentraciones de plata	Consistentemente bajo en concentraciones de plata	Provee concentraciones bajas de plata para aguas de limpieza
Desventajas	Concentración final de plata relativamente alta; usualmente requiere recuperación secundaria	Puede requerir ajuste electrónico; requiere sistema de tratamiento final	Difícil de saber cuando necesita reemplazo; desagua hierro, limitado por algunos códigos de alcantarillado	Requiere cuidado profesional para evitar potencialmente gases dañinos difíciles de filtrar	No disponible actualmente para todos los procesos	Costoso; requiere mantenimiento por expertos

Tabla 2.7 Cuadro comparativo de los procesos

2.6 EQUIPOS DISPONIBLES EN EL MERCADO

Actualmente en el mercado no existe a la venta un equipo concreto, especialmente diseñado para el reciclaje de placas radiográficas. Lo que se encuentra son equipos que permiten el reciclaje de líquidos provenientes del proceso de revelado de películas en general. Sin embargo, mediante el correcto ensamblaje de un dispositivo adecuado para la liberación de la emulsión de la placa de manera tal que la solución resultante sea del tipo que reciclan los equipos a la venta, se puede constituir una unidad que se dedique al reciclado de placas. Cabe remarcar que esto, en función del método seleccionado, elevará en gran medida los costos puesto que algunos equipos son importados, procesan bajas cantidades de solución enriquecida con plata y por otro lado, el equipo será el que determine en gran medida el modo en que se extrae la emulsión.

Empresa: ROTEX Silver Recovery

STAK-PAK

El STAK-PAK (Fig. 2.8) es llenado con soluciones fijadoras usadas. Existe un accesorio opcional que permite conectar este dispositivo a una cuba electrolítica permitiendo así una mayor recuperación de plata y una prolongación en la vida útil del dispositivo.



Fig. 2.8 STAK-PAK

El dispositivo consta de tres cubas, la que se encuentra en la parte superior es la de llenado y es por donde ingresa la solución fijadora. La cuba del medio es el cartucho de lana de acero primario y esta conectado con la primer cuba por medio de un tubo flexible que restringe el flujo de solución.

Las dimensiones del equipo pueden variar en función del caudal a ser tratado. El equipo más pequeño disponible tiene una altura de 78 cm. y un diámetro de 30.5 cm., mientras que el más grande tiene una altura de 130 cm..

La cuba primaria remueve la mayoría de la plata contenida en la solución antes de que esta llegue a la cuba del fondo que cumple la función de un cartucho de lana de acero secundario que recupera los restos de plata de la solución, en conjunto remueven la plata dejando en solución menos de 43 mg./l. (ppm).

Una vez que el cartucho primario ha sido agotado el mismo es retirado y sustituido por el secundario en cuyo lugar se coloca uno nuevo. Las variaciones en la vida útil de los cartuchos se deben a la cantidad de plata que ingresa al cartucho primario y el pH de dicha solución.

CARTUCHOS RECARGABLES (reellenos de lana de acero reemplazables)

A medida que la solución fijadora atraviesa las fibras de lana de acero, los iones de plata en solución se intercambian con los iones de acero de la lana. La plata forma un precipitado que cae como un lodo en el compartimiento colector en el fondo del cartucho.

Parte del precipitado de plata tiende a adherirse a la lana de acero y ambos, la lana de acero usada y el lodo son fundidos en un horno para recuperar la plata.

El tiempo de contacto entre la solución y la lana de acero es muy importante para que el intercambio sea exitoso. Si la solución pasa muy rápidamente parte de la plata no quedará atrapada e incluso el mismo flujo puede remover el lodo del fondo. Un flujo recomendado de 50 ppm dará como resultado 95% de recuperación de plata dejando en solución menos de 5 ppm.

Puede colocarse un cartucho secundario en serie con el primero dejando en solución menos de 1 ppm de plata en solución (Fig. 2.9).



Fig. 2.9 Cartuchos Recargables

Las dimensiones del equipo pueden variar en función del caudal a ser tratado. El equipo más pequeño disponible tiene una altura de 23 cm. y un diámetro de 25 cm., mientras que el más grande tiene una altura de 58.4 cm. y un diámetro de 56.8 cm..

MICRO-MIX

Permite desplatar soluciones blanqueadoras-fijadoras que contengan una concentración de 4 gr./l.. Según el modelo seleccionado el desplataje de 19lt de solución puede tomar entre 2 y 14 hs..

Esta máquina (Fig. 2.10) está diseñada para desplatar la solución de a “batch”. La solución es volcada dentro del tanque, luego se estima la cantidad de plata en solución por medio de un papel incluido en el pack del dispositivo y en función de eso se establece el tiempo de operación. El desplataje concluye una vez la plata en el cátodo toma color marrón. Posteriormente, se retira el cátodo se seca la plata y se la remueve para luego ser fundida.



Fig. 2.10 Micro-Mix

Las dimensiones del equipo pueden variar en función del caudal a ser tratado. El equipo más pequeño disponible tiene una altura de 38.6 cm., 13 cm. de ancho y un espesor de 34.3 cm., mientras que en el modelo de mayor tamaño varía la altura a 51.3 cm..

ULTRA Jr.

Este dispositivo (Fig. 2.11) se utiliza en conjunto con algún modelo de los cartuchos recargables para mayor eficiencia. Recupera plata de alta pureza por electrólisis de soluciones fijadora y fijadoras-estabilizadoras.



Fig. 2.11 Ultra Jr

ULTRA Jr.+

Este dispositivo se utiliza en conjunto con algún modelo de los cartuchos recargables para mayor eficiencia.

El tanque tiene una capacidad máxima de 1 galón lo que lo hace ideal para pequeños generadores de este tipo de residuo.

Se introduce el batch dentro del tanque donde permanece de 3 a 4 hs.. Luego de las cuales es drenado al compartimiento donde se encuentra el cartucho.

Tanto el Ultra Jr. Como el Ultra Jr + tienen una altura de 34.3 cm., un ancho de 13 cm. y un espesor de 34.3 cm..

ULTRA

Hay 3 modelos de distinto tamaño disponibles. La altura varía entre 38.6 y 69.9 cm. según se escoja un modelo de mayor o menor capacidad, el ancho y el espesor son fijos para todos los modelos y toman un valor de 33 y 34.3 cm. respectivamente. Todos estos modelos pueden ser utilizados con flujo continuo o en batch. Están diseñados para remover la plata disuelta en solución de tiosulfato (de sodio o de amonio) por medio de la electrólisis.

En una instalación de flujo continuo, la unidad ultra se conecta a un cartucho de lana de acero para recuperar la plata residual contenida en la solución.

Si la operación se realiza en batch debe determinarse de antemano la cantidad de plata contenida en la solución al iniciar el proceso para así determinar el tiempo de desplateado. Una vez completado este tiempo, la solución es enviada a un cartucho de lana de acero el cual recupera el remanente de plata.

Las unidades “Ultra” no están diseñadas para remover la plata de soluciones que contienen blanqueadores o reveladores como dicromato.

La plata acumulada en el cátodo es secada y removida del mismo para luego ser fundida en un horno.

ULTRA COMBO MODELS

Este modelo combina en uno el modelo Ultra (recuperación electrolítica) y el cartucho de lana de acero recargable ahorrando espacio.

AUTO/BATCH SYSTEMS

Combina desplateado electrolítico de batch con un cartucho de lana de acero (Fig. 2.12). Cuando el tanque auxiliar se llena de solución fijadora, se bombea el primer batch al tanque de recuperación. El dispositivo posee un reloj digital que controla la duración del batch. Cuando el reloj llega a cero, la solución es drenada al cartucho de lana de acero para recuperar los vestigios de plata en solución. La solución permanece en el cartucho hasta que el batch siguiente lo desplaza. Después de haber procesado 77 batches se enciende una luz en el panel de control indicando que debe removerse la plata depositada en el cátodo.



Fig. 2.12 Auto/Batch Systems

Las dimensiones de este equipo, al igual que en los otros casos, puede variar en función de la capacidad. El modelo de menor tamaño tiene una altura de 76.5 cm., un ancho de 51.4 cm. y un espesor de 45.8 cm.. Para el modelo de mayor tamaño la única dimensión que se mantiene constante es el espesor, su altura es de 101 cm. y el ancho es de 69 cm..

Empresa: VARSHA ENTERPRISE

Esta unidad (Fig. 2.13) recupera plata a partir de soluciones fijadoras y blanqueadoras.

Esta máquina es portátil y no requiere una fundación específica.

Primero debe volcarse la solución en el interior luego, los electrodos deben introducirse en la solución, se enchufa la máquina a una fase 230/250 C.A. y se enciende para que el proceso comience. De este modo se depositará plata pura en uno de los electrodos o precipitará en forma de algún compuesto de plata, dependiendo del modelo empleado. Finalmente el compuesto precipitado o la hojuela son fundidos.

El tiempo del ciclo depende de la concentración de plata en solución, 55lt solución fijadora son procesadas entre 1 y 12 hs..

El equipo tiene una altura de 91.4 cm., un ancho de 56 cm. y un espesor de 94 cm..



Fig. 2.13 unidad de recuperación de plata de Varsha Enterprise

Otras características:

- Los electrodos no requieren reemplazo
- No requiere el agregado de químicos durante el proceso
- No es esencial ocuparse de la máquina mientras procesa la solución
- Costo: 3600 US\$ (no incluye cargos de empaque ni impuestos)

Empresa: US IMAGINEERING INC.

SILVER SENTINEL 3-Stage EPA Compliance Packages

La solución debe someterse a tres etapas de recuperación de plata, pasando por distintas tecnologías de recuperación. Primeramente la solución fijadora pasa por el “Silver Magnet” donde se realiza la recuperación electrolítica removiendo el 95% de la plata contenida en la solución. En la segunda etapa, pasa por las “Silver Trap Windows” donde se colecta el remanente de plata mediante el uso de un catalizador. Por último, en una tercera etapa, la solución atraviesa el “EPAN Chamber” antes de descargar la solución al sistema de vertido público. En esta etapa se neutraliza, trata, remueve y diluye los efluentes adicionales debidos al procesado de la solución. El efluente típico, luego de finalizado el proceso de recuperación contiene: 0.49 ppm de plata, 5 ppm de hierro, 220 ppm BOD5 (demanda bioquímica de oxígeno, materia orgánica), 720 ppm de COD (demanda química de oxígeno, materia orgánica), 5.570 ppm de TDS (total de sólidos disueltos) a un pH de 7.2.

Costo de la unidad (Fig. 2.14) 2000 US\$.



Fig. 2.14 Silver Sentinel 3-Stage EPA Compliance Packages

Empresa: GRAFITEC

Los sistemas de recuperación de plata X-Rite (Fig. 2.15) dan la opción de procesar la solución de fijador ya de a lotes o por flujo continuo.

En el proceso de flujo continuo la unidad recibe la solución proveniente del procesado de las películas, recupera la plata y elimina la solución desplatada por su drenaje.

Generalmente se colocan 2 unidades electrolíticas en serie o un filtro en caso de existir períodos de uso máxima donde un solo equipo no sería capaz de funcionar en su máxima eficiencia.

En el sistema por batches, el dispositivo recibe la solución fijadora y la almacena en un tanque externo. Una vez que se alcanza determinado nivel en el tanque externo, la unidad automáticamente procesa un lote en su tanque interior de recuperación de plata. Continuarán procesándose batches hasta que un led informe que debe quitarse la plata del tambor.



Fig. 2.15 Sistema de recuperación de plata X-Rite

CAPÍTULO 3

PROPUESTA Y FACTIBILIDAD ECONÓMICA

3.1 CARACTERÍSTICAS NECESARIAS DE LA SOLUCIÓN

La solución propuesta para Argentina deberá cumplir ciertos requisitos obligatorios. A través de los mismos se realiza una pre-elección de los procesos que mejor se adaptan, con el fin de seleccionar un único proceso se consideran otros factores que si bien no son de carácter obligatorio o mejor dicho son menos imprescindibles, aportan un valor adicional al proceso.

Entre los requisitos mínimos que la propuesta debe comprender se encuentran:

- ✓ Proceso amigable con el medio ambiente, tratando de evitar efluentes gaseosos y su consiguiente tratamiento
- ✓ Recupere la mayor cantidad posible de la plata
- ✓ Costo mínimo

Con respecto a los mismos puede decirse que, el proceso como todo proceso de reciclaje debe ser amigable con el medio ambiente. Es totalmente inaceptable que el proceso libere o genere sustancias tóxicas que atenten tanto contra el bienestar del medioambiente como contra la calidad de vida de quien lleva a cabo dicho proceso. En este caso se desea evitar todo tipo de efluente gaseoso ya que su tratamiento suele ser complejo y los costos aparejados son elevados.

Por otro lado, es fundamental que mediante el proceso en cuestión se recupere la mayor cantidad de plata posible y de la más alta pureza. De este modo, se maximizarán los ingresos provenientes de la venta de la plata recuperada y al mismo tiempo se cumplirá con los límites establecidos para la descarga de efluentes que contengan esta sustancia. Así se evitarán gastos adicionales en la incorporación de equipos que permitan recuperar el remanente de plata en solución para acatar la legislación vigente.

Finalmente, minimizar el costo es una condición presente en todo proyecto. En este caso toma un valor especial puesto que las cantidades recuperadas de plata son de baja magnitud lo cual hace que los ingresos no sean extremadamente altos, si no se presta especial atención a los costos en los que se podría incurrir al seleccionar un proceso determinado podría llegarse a la conclusión que la recuperación de plata a partir de placas radiográficas no es económicamente factible. Entre los costos a ser considerados

se encuentran los correspondientes al tratamiento de efluentes post-reciclado, las maquinarias, infraestructura, mano de obra especializada e insumos necesarios.

Entre los factores que aportan un valor adicional al proceso se destacan:

- ✓ Luego de la separación de la emulsión, el soporte quede en condiciones tales que se pueda recuperar el mismo mediante otro proceso
- ✓ El proceso de recuperación sea llevado a cabo en el menor tiempo posible

3.2 PROPUESTA

Por lo visto en la investigación, el modo en que se procesan las placas en el país es inaceptable desde el punto de vista del impacto ambiental ocasionado. Por: este motivo, y habiendo analizado los distintos procesos de recuperación de plata (sección 2.4), se propone teniendo en cuenta las características necesarias de la solución un proceso donde se recupera plata contenida en una solución fijadora mediante una cuba electrolítica.

A continuación se muestra el cuadro comparativo que llevó a la elección del proceso más apto (Tabla 3.1).

	PROCESO	Rendimiento	Reactivos	Maquinaria	Fundamentos para descartar la opción
1	Hipoclorito de Sodio	-	NaClO / NaOH / HCl	Filtro, Secador, Homo	Bajo rendimiento
2	Sn. Cáustica	66	NaOH(0,5-2,5M) + NaCl (0,1M)	Decantación	Bajo rendimiento
3	Sn. Cáustica	-	NaOH (concentrac 5-15%)	Baras raspadoras, Vacuum Filtro Prensa, Secado, Fundición, Celda electrolítica tipo diafragma	Equipo costoso y efluente gaseoso contiene la materia orgánica
4	Ácido Oxálico	95	H ₂ C ₂ O ₄ (1%wtv sn.)	Filtrado, Secado, Fundición	Peligrosidad del reactivo
5	Agua Caliente	99	High Shear, agua caliente mín. 75% vol	No descripto	Posible bajo rendimiento por aglomeración, proceso incompleto
6	FeCl ₃	99	FeCl ₃ (15-17% en peso sn.) / tiosulfato sn.	Equipo de electro-deposición	
7	NaCN	90	NaCN en (0,5% sn. Acuosa a 25°C) + agua a 80°C con NaOH (5% sn. Acuosa)	Decantación o Filtrado, agregado de polvo de zinc u oxidación con sales de hipoclorito y Fundición	Alta Toxicidad del grupo Ciano y dificultad de tratamiento de efluente
8	HCl	-	HCl (mín. 5%) + polvo de zinc	Decantación, Filtrado, Fundición	Impreciso en cuanto a la cantidad de los reactivos, requiere maquinaria adicional para calcular la cantidad de plata inicial presente
9	Sn. Cáustica	-	Sn. Caliente de Na ₂ CO ₃ o NaOH	Secadora, Centrifuga, dispositivo mecánico por el que se procesa la placa en tanques	Posee equipos y un dispositivo mecánico automático costoso
10	Sn. Cáustica	-	NaClO (sn. Acuosa) + NaOH (sn. Acuosa) + agente floculante (sn. Acuosa) // carbonato de sodio y ac. Bórico (pulv. Y al homo)	2 Tanques, válvulas, bomba, máquina rotatoria, Secado a 312°C, molino pulverizador, Fundición	Equipos costosos, efluentes líquidos y gaseosos que contienen materia orgánica
11	Enzimas	95	Enzimas, proteasas en sn. Acuosa mín. (0,05% en peso) + C ₂ H ₄ O ₂ ; NaOH (3-10% en peso) // ac acético control pH	No especifica equipos Filtrado, Fundición	Similar al proceso 12 pero no especifica equipos
12	Enzimas	-	Enzimas: proteasa, amilasa o lipasa en sn. Acuosa + sn. Cáustica acuosa (1%) o sn. Acuosa de glicol (10%)	2 tanques, 2 bombas, 1 secador, 1 Centrifuga y 1 Homo	

Tabla 3.1 Procesos y los fundamentos para desestimar la elección

Luego de realizar el análisis que llevó a la confección de la Tabla 3.1 se llegó a una pre-elección de los procesos más aptos. En primera instancia tanto el proceso 6 como el 12 parecían tener la misma aptitud. Profundizando en la investigación de dichos procesos se llega a la conclusión que el uso del cloruro férrico es el que más se adecua a las características necesarias de la solución.

Primeramente, si bien ambos procesos son amigables con el medio ambiente, el proceso 12 involucra efluentes gaseosos y el tratamiento de los mismos es muy complejo, requiriendo grandes inversiones en dispositivos para que los efluentes se adecuen a la legislación vigente.

En cuanto al rendimiento, si bien el proceso enzimático no lo precisa podría estimarse que dicho valor se aproxima a aquel declarado en el proceso 11 ya que son similares.

Este valor de aproximadamente 95% es inferior al correspondiente al proceso 6 (99%) y que a su vez da por resultado plata metálica de la más alta pureza [52].

En lo que concierne a los costos, puede decirse que el proceso 12 es notoriamente más costoso. Fundamenta esto el hecho de que el mismo emplea una centrífuga, más allá del costo que puede significar el secador y el horno. Las centrífugas son equipos muy caros (aproximadamente \$60000 para este tipo de proceso) y requieren de mucho mantenimiento para que tanto su eficiencia como su vida útil no decaiga. En contrapartida, el proceso 6 emplea un equipo de electro-deposición cuyo costo es tres veces menor y aun teniendo en cuenta el consumo de energía eléctrica resulta más económico. Por otro lado, al analizar la disponibilidad de materias primas se observa que las enzimas utilizadas no son producidas en el país. Esta es una gran desventaja ya que no solo implicaría importarlas sino que podrían tenerse problemas de abastecimiento. En contra partida, los insumos empleados en el proceso de recuperación con cloruro férrico pueden ser obtenidos en droguería, laboratorios o a través de productores nacionales (a precio mayorista).

En lo que respecta a los factores que agregan un valor adicional al proceso puede mencionarse que en ambos casos el soporte de la placa queda en condiciones finales tales que permiten su posterior reciclaje. La diferencia esencial es el tiempo en el que se consigue esto, el proceso 6 tiene pre-establecido el tiempo de cada fase mientras que en el caso de las enzimas si bien no es indefinido es indeterminado y puede tardar más de 48 hs..

3.3 ESTUDIO DE INGENIERÍA, MATERIALES Y PROCESOS

El estudio de ingeniería está relacionado con los aspectos técnicos del proyecto. Tiene por objetivo proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y los costos de operación. Se parte de información proveniente del estudio del Mercado, del estudio del Marco Regulatorio Legal, de las posibles alternativas de Localización, del estudio de tecnologías disponibles, de las posibilidades financieras y de la disponibilidad de recursos, entre otros.

Principalmente involucra la selección de la tecnología a utilizar, la determinación del programa de producción, la descripción del proceso de elaboración, el balanceo de los equipos que conforman el proceso productivo y la determinación del layout.

3.3.1 Macrolocalización

Se han realizado cálculos estimativos en cuanto a producción anual de placas y habitantes para las 23 provincias del país, sabiendo que la producción de placas es

directamente proporcional a la cantidad de habitantes y conociendo datos concretos de dos provincias: Santiago del Estero [53] y Buenos Aires [54].

Por medio de los datos correspondientes a la provincia de Santiago del Estero en cuanto a producción diaria por hospital, cantidad de hospitales y clínicas que poseen servicios de radiodiagnóstico y cantidad de habitantes se extrapola la cantidad de placas médicas producidas por año en cada provincia.

Por otro lado, teniendo como dato para la provincia de Buenos Aires la cantidad de equipos habilitados para uso médico, odontológico, industrial y veterinario y sus correspondientes producciones promedio, se obtuvo un resultado con una variación del 5% del calculado por el otro medio.

Analizando estos datos, se observa que el 67% de la producción de placas objetivo a ser procesadas se ubican en la provincia de Buenos Aires.

Al analizar la posibilidad de que el proyecto sea a nivel nacional, recolectando la producción de placas de cada provincia, sale a la luz que la producción total calculada no es posible de cubrir ya que demandaría excesivas inversiones en logística desde un comienzo. Luego, se planteó como objetivo en estudio recolectar el 75% de la producción y a su vez del 50% de cada provincia ya que por datos estadísticos se conoce que aproximadamente este es porcentaje correspondiente a los habitantes que se encuentran en las capitales provinciales.

A la par de este estudio, se analizó la factibilidad de que el proyecto en sus comienzos sea exclusivamente destinado a la producción de Buenos Aires. La motivación para esto fue el hecho de que el 67% de la producción esta concentrada en esta provincia y por otro lado en dicha provincia se posee una mejor accesibilidad y desarrollo de los canales logísticos.

A su vez, se observó que las dos provincias que siguen a Buenos Aires en cuanto a producción de placas son Córdoba y Santa Fé, las cuales se encuentran más próximas a comparación del resto del país. Esto permite pensar que en un futuro el proyecto podría ampliarse incluyendo a las provincias antes mencionadas.

Finalmente se decide que la localización óptima del proyecto es en la provincia de Buenos Aires por las ventajas antes mencionadas y por el hecho de que a primera vista sería muy riesgoso lanzar el proyecto a nivel Nacional ya que la diferencia en cuanto a ingresos brutos de ambas opciones no alienta esta decisión sabiendo que se incurrirá en altísimos costos de logística, maquinaria, insumos/reactivos para las maquinarias, infraestructura, mano de obra y publicidad a nivel Nacional.

3.3.2 Microlocalización

Una vez definida la localización de la planta de tratamiento en la provincia de Buenos Aires se procede a determinar el lugar exacto donde se construirá la instalación.

A modo de realizar una pre-elección se tuvo en cuenta la cantidad aproximada de placas producidas por municipio para tener una noción de los lugares donde se concentraba la mayor cantidad de residuos a coleccionar (Tabla 3.2).

Localidad	Kg Placas/Sem	Localidad	Kg Placas/Sem	Localidad	Kg Placas/Sem
C.A.B.A	5.465	GENERAL BEL GRANO	30	OLAVARRIA	201
ADOLFO AL SINA	31	GENERAL GUIDO	5	PATAGONES	54
ADOLFO GONZALES CHAVES	23	GENERAL LA MADRID	21	PEHUAJO	74
ALBERTI	20	GENERAL LAS HERAS	25	PELEGRINI	12
ALMIRANTE BROWN	995	GENERAL LAVALLE	6	PERGAMINO	191
ARRECIFES (1)	53	GENERAL MADARIAGA	35	PILA	6
AVELLANEDA	635	GENERAL PAZ	20	PILAR (15)	449
AYA CUCHO	38	GENERAL PINTO	21	PINAMAR	40
AZUL	122	GENERAL PUEYRREDON	1.088	PRESIDENTE PERON (16)	116
BAHIA EL ANCA	550	GENERAL RODRIGUEZ	131	PUAN	32
BAL CARCE	81	GENERAL SAN MARTIN	778	PUNTA INDI (17)	18
BARADERO	57	GENERAL VIAMONTE	34	QUILMES	1.001
BENITO JUAREZ	38	GENERAL VILLEGAS	56	RAMALLO	56
BERAZATEGUI	556	GUAMINI	22	RAUCH	28
BERISSO	155	HIPOLITO YRIGOYEN	17	RIVADAVIA	30
BOLIVAR	63	HURLINGHAM (8)	332	ROJAS	44
BRAGADO	78	ITUZAINGO (9)	305	ROQUE PEREZ	21
BRANDSEN	43	JOSE C. PAZ (10)	444	SAAVEDRA	38
CAMPANA	162	JUNIN	171	SALADILLO	57
CAÑUELAS (2)	82	LA COSTA	117	SALLIQUELO	17
CAPITAN SARMIENTO	25	LA MATANZA	2.422	SALTO	56
CARLOS CASARES	41	LA PLATA (11)	1.108	SAN ANDRES DE GILES	40
CARLOS TEJEDOR	22	LANUS	874	SAN ANTONIO DE ARECO	41
CARMEN DE ARECO	27	LAPRIDA	19	SAN CAYETANO	16
CASTELLI	15	LAS FLORES	45	SAN FERNANDO	292
CHACABUCO	88	LEANDRO N. ALEM	32	SAN ISIDRO	563
CHASCOMUS	75	LINCOLN	79	SAN MIGUEL (18)	488
CHIVILCOY	117	LOBERIA	33	SAN NICOLAS	266
COLON	45	LOBOS	64	SAN PEDRO	107
CORONEL DORREGO	32	LOMAS DE ZAMORA	1.141	SAN VICENTE (19)	86
CORONEL PRINGLES	46	LUJAN	181	SUIPACHA	17
CORONEL ROSALES	118	MAGDALENA (12)	32	TANDIL	209
CORONEL SUAREZ	71	MAIPU	20	TAPALQUE	16
DAIREAUX	31	MALVINAS ARGENTINAS (13)	561	TIGRE	581
DOLORES	49	MAR CHIQUITA	35	TORDILLO	3
ENSENADA	99	MARCOS PAZ	84	TORNQUIST	23
ESCOBAR	344	MERCEDES	116	TRENQUE LAUQUEN	78
ESTEBAN ECHEVERRIA (3)	471	MERLO	907	TRES ARROYOS	110
EXALTACION DE LA CRUZ	47	MONTE	34	TRES DE FEBRERO	649
EZEIZA (4)	229	MONTE HERMOSO	11	TRES LOMAS	14
FLORENCIO VARELA (5)	673	MORENO	734	VEINTICINCO DE MAYO	67
FLORENTINO AMECHINO (6)	16	MORON (14)	597	VICENTE LOPEZ	529
GENERAL ALVARADO	66	NAVARRO	30	VILLA GESELL	47
GENERAL ALVEAR	21	NECOCHEA	172	VILLARINO	51
GENERAL ARENALES	29	NUEVE DE JULIO	89	ZARATE	195

Tabla 3.2 Generación de placas radiográficas por semana por localidad

En primera instancia, se ve que lógicamente la mayor concentración se ubica en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y en el Conurbano. Siendo la generación de residuos notablemente inferior a medida que nos alejamos de la Capital Federal. Por este motivo, y considerando los costos de transporte aparejados, se focaliza la microlocalización en estudio en la C.A.B.A y el Conurbano.

Las cuatro localidades que generan mayor cantidad de este tipo de residuos son: C.A.B.A, La Matanza, La Plata y Lomas de Zamora (en orden decreciente). La Ciudad Autónoma de Buenos Aires fue descartada como sede de la instalación por el costo de los terrenos, inexistencia de parques industriales con los servicios necesarios y por el congestionamiento del tránsito. En segunda instancia se descartó La Plata por la lejanía de la misma a las tres mencionadas localidades con mayor generación de los desperdicios en cuestión.

A fin de determinar la mejor alternativa se realizó el siguiente cuadro comparativo:

Factores	ALTERNATIVAS	
	La Matanza	Lomas de Zamora
Costo del transporte	Igual para Ambas	Igual para Ambas
Disponibilidad y Costo de Mano de Obra	Igual para Ambas	Igual para Ambas
Cercanía de las fuentes de abastecimiento	Igual para Ambas	Igual para Ambas
Costo y Disponibilidad de terrenos	Lote Parque Industrial, 30 US\$/m ²	Lote Parque Industrial, 60 US\$/m ²
Possibilidad de tratar desechos	Cada lote deberá construir su planta de tratamiento de líquidos	La conducción de efluentes actual no tiene continuidad, es incompleta, está parcialmente vinculada con el sistema pluvial y está obsoleta. Sólo se encuentra óptimo el tramo de descarga del edificio administrativo. Cada lote deberá construir su planta de tratamiento de líquidos
Vías de Acceso	Ruta 205, Ruta Nac. N°3. Ampliaciones de Rutas y Autopistas: Continuación Autopista del Buen Ayre hasta La Plata, Ruta vinculación Autopista Ezeiza-Cañuelas, Ampliación Ruta N°3 Doble Vía	Av. Juan XXIII (Camino Negro), Av. Antártida Argentina (Ruta 205), Ruta 4 (Camino de Cintura), Puente La Noria, Puente Pueyrredón
Instalaciones Existentes (servicios directos)	Red eléctrica, agua corriente, desagües pluviales/industriales/cloacales, gas natural, telefonía, comunicaciones digitales	Red eléctrica, telefonía, agua corriente, desagües pluviales/industriales/cloacales, gas natural
Consideraciones Legales	Igual para Ambas, son las expresadas en el Capítulo 2	Igual para Ambas, son las expresadas en el Capítulo 2

Tabla 3.3 Comparación de alternativas de microlocalización

Por lo expuesto hasta aquí se concluye que la localización con las características óptimas es el Parque Industrial La Matanza (Ruta Nac. N°3 Km. 42.5).

3.3.3 Balance y Descripción del Proceso

Una vez que han realizado las alianzas pertinentes con otros centros de reciclado y se ha lanzado la campaña publicitaria en hospitales y centros de atención, se estima la recepción semanal (en función del objetivo planteado del 75% del total de placas producidas en la provincia de Buenos Aires Tabla 3.4).

OBJ 75%	
102.059	PLACAS/DIA
642.969	PLACAS /SEM
5.103	Kg placa/dia
32.148	Kg placa/Sem

Tabla 3.4 Cantidad de placas a procesar en función del objetivo establecido

Luego, se procesarán 5.103 Kg. de placa por día. A la par del proceso existirá una zona destinada al pesaje y reducción del tamaño de las placas entrantes y otra correspondiente al almacenaje de las mismas para su posterior procesamiento.

A partir del balance del proceso para esta cantidad de placas diarias se define que serán necesarios 17 batchs. El primer batch de cada día comenzará con la carga de los correspondientes 300 Kg. de placas en el canasto de Hastelloy C. Las mismas se encontrarán almacenadas en cajas de PEAD reforzado reutilizables, cada una conteniendo el equivalente a un batch y serán transportadas con una zorra manual. Una vez finalizada la carga, se elevará y desplazará el canasto hasta el primer tanque por medio de un sistema con aparejo eléctrico. El canasto permanecerá sumergido en el TQ1 en la solución blanqueadora donde se impregnan con $FeCl_3$ siguiendo la reacción:



La constante de equilibrio de esta reacción es elevada, por este motivo el tiempo de reacción es mínimo. Aun así se establece un tiempo de permanencia en el tanque de 20 minutos para asegurar que la emulsión se desprenda por completo.

Una vez cumplido el tiempo de permanencia, el canasto será elevado lentamente para permitir que el líquido que ha ingresado regrese al tanque, a su vez el canasto permanecerá 2 min. para permitir el escurrimiento del líquido remanente de las placas y evitar así el esparcimiento de la solución ácida y su consiguiente daño al operario y a los equipos circundantes.

Posteriormente, el canasto será desplazado y sumergido en el segundo tanque (TQ2) con el fin de lavar las placas y quitar cualquier exceso proveniente de la solución del primer tanque. Este tanque solo cuenta con agua de proceso y el tiempo estimado de lavado es 10 min..

Una vez culminada la etapa de lavado, el canasto es nuevamente izado lentamente para permitir que el líquido que ha ingresado regrese al tanque, a su vez el canasto permanecerá 2 min. para permitir el escurrimiento del líquido remanente. Luego, será desplazado hasta el tanque 3 (TQ3) donde se lo sumergirá en una solución fijadora de Tiosulfato de Sodio donde permanecerá unos 22 min.. En esta etapa, la plata de cloruro de plata pasa a solución siguiendo la siguiente reacción:



Cabe notar que la proporción de Tiosulfato de sodio utilizado para esta reacción no es estequiométrica como lo sugiriera N. Sathaiyan en su reporte [55].

Una vez finalizada la fijación, la solución conteniendo el complejo de plata es bombeada a una cuba electrolítica donde permanecerá el tiempo suficiente para depositar toda la plata en el cátodo.

Las reacciones en el cátodo y en el ánodo son:

Cátodo:



Ánodo:



Cabe mencionar que existen reacciones secundarias tanto en el cátodo como en el ánodo por lo que hay que ser cuidadoso con el voltaje de la cuba.

El tiempo de permanencia se calcula mediante la ley de Faraday para la electrólisis dando como resultado 89 min..

En el mismo momento en que se bombea la solución a la cuba electrolítica, el canasto y su contenido es enjuagado en el tanque de lavado. Posteriormente el contenido es volcado en un bin y el canasto vacío es desplazado hasta la zona de carga listo para comenzar con el siguiente batch.

El bin plástico será trasladado por medio de un apilador hidráulico manual a la zona correspondiente al almacenamiento del soporte para su posterior venta. Esta zona estará

acondicionada con un caloventor industrial, de manera tal que la temperatura del ambiente facilite el secado del soporte.

Por otro lado, una vez finalizada la electrodeposición, se extraerá el cátodo reemplazándolo por uno sustituto y será trasladado hasta la mesa de decapado donde un operario cuidadosamente separará la hojuela y mientras esta se seca a temperatura ambiente pulirá ligeramente la superficie del cátodo con una estopa de acero para que quede en condiciones óptimas para su re-utilización. Luego, la hojuela será reducida a pequeños trozos que serán introducidos en bolsas plásticas de 10 Kg. para su almacenaje y posterior venta.

Un diagrama estimativo de proceso puede verse en el Anexo I (cortesía de Dra. Ing. Mariana I. Bertoni), cuyos valores son utilizados para el análisis de la factibilidad económica.

3.3.4 Tecnología, Insumos y MOD

En función del Balance del proceso se detallan y describen brevemente los equipos, mano de obra directa e insumos necesarios para cumplir con la “producción” programada.

Cabe remarcar que con el fin de minimizar los costos la tecnología elegida es de origen Nacional.

EQUIPOS PARA PROCESAMIENTO

- Tanque 1: El tanque es de PRFV (polímero + fibra de vidrio) de 1m³. La máxima concentración de HCl que soporta es de 37% y la temperatura del proceso no debería superar los 50 °C.
- Tanque contenedor del Tanque 1: el mismo se utiliza de modo preventivo en caso de fisuras del Tanque 1, para prevenir accidentes y pérdidas materiales. El mismo será de cemento $\phi_{int}=1.6$ y $h=1m$ y su fondo estará a 1m de altura con respecto al piso apoyando sobre una base de hormigón armado para así permitir la purga del tanque 1 por gravedad.
- Tanque 2: Será del mismo material que el Tanque 1 para que el agua de lavado que contenga el exceso de HCl proveniente del Tanque 1 no comience a corroer el recipiente.
- Base de hormigón armado para permitir la purga del tanque 2 por gravedad, estará a 1m de altura con respecto al piso.

- Tanque 3: Tanque Acero Inoxidable 304 de 1 m³.
- Tanque de Lavado: Tanque de Acero Inoxidable 304, utilizado para enjuagar el canasto y eliminar cualquier vestigio de tiosulfato.
- Tanque Rectangular: se neutralizará la solución proveniente del tanque 1 previo a su envasado y/o la del tanque 2 previo a su vertido. Será como una pileta de hormigón de 2.5 m³.
- Cuba Electrolítica: Se necesitarán 3 equipos para electrólisis con ajuste por variación, amperímetro y voltímetro digital. Incluyen una fuente ajustable rango 0.6vcc 1000A en gabinete metálico, acometida por borneras, salidas por barras, ventilación automática, alimentación trifásica, instrumentos digitales y mando por botonera que admitirá ampliaciones de automatismo. Por otro lado, la instalación contará con un panel de control eléctrico a modo de mantener regulada la corriente de salida
- Canasto: Recipiente cilíndrico donde se cargará cada batch de placas para ser recicladas. Hecho en Hastelloy B para máxima resistencia a la corrosión (perforada al 25%) con refuerzo
- Cizalla Plástico W-18: utilizada para reducir el tamaño de las placas a uno conveniente para su manejo.
- Válvulas: Considerando un diámetro de 4", se requerirán válvulas tanto mariposa como esclusa para controlar el caudal y permitir la aislamiento de los equipos para eventuales limpiezas.
- Bombas: Estas bombas serán empleadas para recircular la solución de tiosulfato entre la cuba y el tanque. Conociendo los datos específicos del fluido y el diámetro de la cañería se obtuvo el caudal que manejará la bomba.
- Cañerías y Accesorios para efluentes: Los tramos de cañería utilizados tanto en el Tanque 1 como en el 2 serán de PRFV dada las características corrosivas de la solución. En cuanto al resto de las cañerías, serán sin costura y de acero inoxidable 304.
- Aparejo Eléctrico a cadena con carro manual para el desplazamiento del canasto mediante el accionamiento de un pequeño motor. Se utilizarán tres carros instalados a lo largo de una viga carrilera para que funcionen en serie. Cada carro

soporta hasta 1500 Kg. y una altura máxima de 12m. Los costos correspondientes a la estructura adicional necesaria para mantener la estabilidad de la viga serán incluidas dentro de los costos de infraestructura en general

- Mesa decapado catódico: será una mesa hecha con bloques de cemento y mármol de 2.5 cm. de espesor donde se procederá a la extracción de la hojuela de plata
- Martillo de goma y Raspador: herramientas necesarias para separar la hojuela de plata del cátodo
- Caloventor Portátil Industrial: para gas envasado, consumo 1.5 Kg./h, dimensiones: A 33 cm., L 62 cm., Alto 50 cm.. 20000 cal.. Será empleado en el almacén de soportes para permitir el secado de los mismos.

Entre las empresas consultadas se encuentran: Pysel Productos Eléctricos, Reinforced Plastic S.A (REPSA), Roberto CORDES S.A y Maroni y Cia S.A

INSUMOS

En lo que respecta a los insumos químicos, se estima la demanda anual de los mismos considerando que: el TQ1 es purgado todas las semanas (el último día hábil) para minimizar la corrosión y evitar accidentes en los días no laborables, se agrega el 8.5% de cloruro férrico por día para mantener la concentración en las condiciones óptimas, el TQ2 es purgado dos veces al mes, el TQ3 es purgado cada 3 meses por limpieza y los efluentes con característica ácida serán tratados con hidróxido de sodio.

Costos:

- Solución de Cloruro Férrico: precio minorista 16.64 \$/Kg., se estima un 30% menos para el precio mayorista
- Ácido Clorhídrico (37%): 2.95 US\$/l.
- Solución de Tiosulfato de Sodio: 45.6 \$/l.
- Hidróxido de Sodio Granulado 2.95 US\$/Kg.
- Sulfito de Sodio: se agrega una cantidad mínima para promover la reacción en el ánodo y evitar que se quemen los electrodos. Aproximadamente 2 Kg. por batch. Costo: 6 \$/Kg.

Otro tipo de insumos son las garrafas de gas envasado para el funcionamiento del caloventor, los cátodos de reposición y las bolsas de 10 Kg. y 20 Kg. para el acopio de plata metálica y soportes recuperados respectivamente.

- Gas envasado 60 Kg./semanales para el caloventor industrial
- Bolsas 20 Kg.; diámetro 50cm, con entretejido para depositar el soporte libre de emulsión en el almacén de soportes.
- Bolsas 10 Kg.; diámetro 50cm; en 2 colores, para acopiar la plata metálica hasta que sea retirada (semanalmente).
- Cátodo de reposición: mensualmente deberán reponerse los cátodos debido al trabajo intensivo y la posibilidad de que la eficiencia del proceso se vea afectada.

Entre los proveedores consultados se encuentra: Droguería Pacífico, Sigma-Aldrich de Argentina S.A y Altapol Packaging.

OTRAS INVERSIONES NECESARIAS

- Báscula de Acero Inoxidable medidas 35x54cm, capacidad máxima 600 Kg.. Se utilizarán dos básculas ubicadas en la zona de pesaje y cizallamiento. Una será empleada para pesar las placas entrantes al depósito y la otra se empleará para corroborar tanto el pesaje de la plata recuperada embolsada como el de los soportes a la hora de su venta
- Bin plástico: será empleado como contenedor primario del soporte plástico libre de emulsión, que luego será desplazado a la zona de almacenamiento para su embolsado y posterior venta. Dimensiones: 120x100x89 cm., capacidad: 480 Kg..
- Bins de PEAD reforzado para almacenar las placas por batch. Dimensiones: 71 x 63 x 70 cm., capacidad 350 Kg., factor de Apilabilidad: 3. La zona de almacenamiento de placas tendrá espacio para 34 bultos (2 días de proceso), correspondiendo un bulto a un batch
- Bolsas Superabsorbente para control de derrames, bolsa de 10 Kg.
- Matafuego Melisam HCFC Clase ABC de 5 Kg.
- Botiquín: Botiquín Metálico N° 16 con insumos médicos

- Zorra hidráulica: capacidad máxima 2000 Kg., será utilizada para desplazar tanto las placas a procesar como el soporte sin emulsión.
- Apilador Hidráulico Manual. Capacidad 1500 Kg., Altura: 1.8m. Empleado para apilar los bins de PEAD
- PHmetro Lancet Mod-pH009LL de 0.00 a 14.00 precisión 0.1 pH, será empleado para controlar por un lado que el pH del tanque 1 sea el adecuado y por otro lado el pH inicial y final de los efluentes
- Ducha y lavajos combinada, por posibles emergencias
- Casco de seguridad no metálico con protección facial transparente
- Antiparras
- Mascarilla con filtro para gases ácidos
- Botas con puntera de acero
- Guantes tipo mosquetero PVC
- Pantalón y chaqueta impermeables
- Infraestructura eléctrica (10% del monto total de la obra)
- Pintura y revestimiento (3% del total de la inversión)
- Infraestructura: obra civil, incluye costo de material y mano de obra

Entre las empresas consultadas se encuentra: Mister Seguridad S.A, Cypsa Impex S.R.L, Dalinger Plásticos y Instrulab, Tecno Industrial Americana S.A.

MOD

- 1 Técnico Electromecánico: para mantenimiento y en caso de desperfectos técnicos
- 3 Operarios (Nivel Secundario, preferentemente Técnicos Químicos) quienes rotaran en sus posiciones de trabajo a lo largo de la jornada laboral. Estarán encargados tanto del pesaje de las placas que llegan a diario, la reducción del

tamaño de las mismas, su carga, desplazamiento y descarga de los canastos portaplacas como así también del decapado del cátodo, del tratamiento de efluentes y del pesaje de soportes y plata embolsada

- 1 Contador encargado por un lado de la compra de insumos y placas que llegan a diario y por otro lado, de la venta del soporte plástico y la plata metálica

3.3.5 Lay-Out

El Lay-Out correspondiente se adjunta en el Anexo II. El mismo presenta las siguientes zonas:

- Zona de Descanso
- Baño
- Vestuario
- Oficina Administrativa
- Zona de Pesaje y Cizallamiento (Recepción)
- Zona de Acopio de placas a procesar
- Zona de Acopio del soporte de Venta
- Zona de Procesamiento
- Zona Tratamiento de efluentes
- Zona de Decapado y disposición de plata metálica
- Insumos Químicos
- Mantenimiento y Repuestos

La distribución óptima se obtiene considerando tres aspectos:

- ✓ Recorrido mínimo de cada operario. Es decir, que según la función que este llevando a cabo, recorra la menor distancia posible.

- ✓ Evitar el cruce de operarios. Es decir, en el caso del transporte de las placas IN/OUT del proceso, localizar las zonas de manera tal de evitar cruces peligrosos.
- ✓ Localización especial para los insumos, los mismos deben ubicarse lo próximos a la zona de procesamiento para ahorrar tiempo y en lugar donde el tránsito no sea pesado.

3.3.6 Tratamiento de efluentes

Según lo enunciado en el balance del proceso, tanto del tanque de procesamiento 1 y 2 como del tanque de lavado del canasto proceden efluentes a ser tratados.

El efluente del tanque 1 es exclusivamente debido a la purga semanal del tanque para su limpieza e incluso para mantener una adecuada concentración de cloruro férrico y también del pH. El mismo se caracteriza por su acidez y por la posibilidad de que exista vestigios de cloruros y hierro³⁺ proveniente del cloruro férrico. Al calcular la cantidad de hierro presente en la purga del tanque, considerando que la concentración de hierro no se ve alterada ya que el mismo no participa en ninguna reacción, se obtiene un valor de 3.11 gr./l.. Considerando los límites expuestos en la Tabla 2.3 se observa que este valor se encuentra muy por encima del límite establecido, luego desde este punto de vista el vertido de este efluente sin un previo tratamiento puede ocasionar un daño al medioambiente.

Si bien puede plantearse la posibilidad de recuperar el cloruro férrico del efluente para su posterior comercialización, a fin de simplificar el proyecto y sabiendo que existen empresas que utilizarían este efluente para el tratamiento de aguas por coagulación/floculación, se decide que el mismo será entregado a dichas empresas. Particularmente, existe una empresa dispuesta a retirarlo semanalmente de la planta, brindando los bidones donde será envasado y absorbiendo el costo del transporte habilitado para este tipo de sustancias bajo la condición de que la solución entregada tenga un ajustado entre 6 y 8. Luego, el único tratamiento que se realizará sobre el efluente será la neutralización mediante el uso de hidróxido de sodio.

El efluente del tanque 2 es agua de lavado que puede contener una muy baja concentración de ácido clorhídrico el cual acidificará levemente el pH la misma. Por este motivo se analizará el primer batch de cada día para así determinar si el efluente se encuentra dentro de los límites admisibles, de no ser así será tratado con hidróxido de sodio para así cumplir con los límites de vertido existentes.

Por último, en cuanto al tanque de lavado de los canastos puede decirse que los mismos tendrán aproximadamente un 1% de tiosulfato de sodio en 200 l. de agua. Al igual que

el cloruro férrico, podría ser recuperado y luego comercializado pero dada la concentración que presenta no sería redituable. Este compuesto como tal no se encuentra regulado y tanto la EPA (Agencia de Protección Ambiental de EEUU) como la WHO (Organización Mundial de la Salud) lo incluyen en la categoría de menor toxicidad. Teniendo en cuenta esto y la baja concentración que presentará el efluente, se procederá al vertido del mismo sin previo tratamiento.

3.3.7 Patentes/Royalties

Primeramente se debe solicitar una búsqueda de antecedentes en el INPI, a través del Departamento de Información Tecnológica. La búsqueda puede ser de alcance nacional o internacional, según el interés del usuario, utilizando las bases de datos disponibles en el INPI y las bases de datos internacionales por consulta en línea.

Para una búsqueda sobre un determinado tema técnico, bastará con una descripción del objeto de búsqueda, acompañada por algún dibujo esquemático o fórmula química de ser necesario.

Los aranceles son los siguientes:

Búsqueda de Antecedentes

Búsquedas temáticas (para conocer si existen antecedentes del tema)

Por cada base de datos de antecedentes argentinos. Hasta diez citas de documentos \$50.
Antecedentes internacionales, Hasta diez citas de documentos \$150

Búsqueda por dato bibliográfico (excepto el título; para conocer si la patente estadounidense seleccionada se encuentra patentada en el país)

Por antecedentes argentinos; hasta diez citas de documentos \$20. Antecedentes internacionales, hasta diez citas de documentos \$60

Una vez verificado que no existen antecedentes en el país, se procede al patentamiento de la idea. El primer paso para obtener una patente consiste en presentar una solicitud de patente en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial.

Hay dos aranceles básicos durante la tramitación, además de otros que puedan surgir de acuerdo a la particularidad de cada trámite, el arancel de presentación y la tasa de examen de fondo.

Los aranceles correspondientes se detallan a continuación:

- Presentación de solicitud de Patente

Hasta diez reivindicaciones.(Patente p/jurídica) \$500

- Anualidades

1° A 3° año, por año (Patente p/jurídica) \$100

4° A 6° año, por año (Patente p/jurídica) \$250

7° año en adelante, por año (Patente p/jurídica) \$500

3.3.8 Tercerización de funciones

Existirá una sola función mercerizada que será el reciclaje del soporte de las placas, ya sea de PET como de acetato. Dado que el objetivo primordial de este proyecto es recuperar la plata contenida en las placas y no el soporte en sí, que demandaría grandes inversiones en equipamiento para que no serían solventadas por el reciclaje del soporte en sí ya que dichos equipos están diseñados para procesar grandes volúmenes de “plásticos” y siendo su precio de venta muy bajo. En este caso los equipos serían utilizados con holgura, por este motivo se decide tercerizar el reciclaje para focalizar en la recuperación de plata y a su vez obtener un ingreso de 70 cvos/Kg. por el soporte que de otra manera sería descartado como “scrap”.

3.3.9 Logística

Este apartado queda fuera del alcance del proyecto. Es decir que en esta primera etapa no se evaluará la posibilidad de tener una flota propia ni de tercerizar el transporte sino que se pagará por Kg. de placas en la puerta de la empresa. El precio a pagar fue estipulado en 7 \$/Kg. de placas, considerando que actualmente las empresas que utilizan esta metodología de acopio pagan aproximadamente 34 cvos/Kg. de cartón, 70-80 cvos/Kg. de plástico y 3-5 \$/Kg. de placas (en el caso de particulares que extraen la plata mediante los métodos descritos en la sección 2.3).

3.3.10 Promoción industrial

Con el fin de difundir el emplazamiento de esta empresa y a su vez concienciar y fomentar que la población colecte y entregue las placas radiográficas, la promoción industrial se hará a través de:

- Publicidad Gráfica en Hospitales de Capital y GBA (Afiches)

- Centros de reciclaje de materiales (plásticos, cartón, papel, etc.), con quienes se llegará a un acuerdo económico para que comuniquen a quienes colectan sus materiales que también recojan las placas y las acopien para luego ser enviadas.
- Publicidad Gráfica (Afiches en la vía pública) en Capital

Costo de Impresión y Fijación: 2500 afiches de 148 x 110 a 3 colores \$4726.50 + IVA

3.4 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En función de la cantidad de placas a ser recicladas y teniendo en cuenta la inversión en los activos fijos antes mencionados como así también el costo total de lo vendido (Tabla 3.1), se obtiene el flujo de fondos del proyecto. Como se ha mencionado anteriormente, el número de placas a procesar ha sido corroborado presentando una variación del 5% entre los métodos utilizados.

	COSTO TOTAL (F+V)					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
MOD	0	248.778	248.778	248.778	248.778	248.778
GGF	0	11.805.263	11.703.584	11.703.584	11.703.584	11.703.584
Insumos	0	1.614.135	1.512.456	1.512.456	1.512.456	1.512.456
Distribución	0	9.950.753	9.950.753	9.950.753	9.950.753	9.950.753
Auditorías	0	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Agua	0	3.905	3.905	3.905	3.905	3.905
Electricidad	0	16.206	16.206	16.206	16.206	16.206
Amortizaciones	0	173.728	173.728	173.728	173.728	173.728
Mantenimiento	0	43.535	43.535	43.535	43.535	43.535
MOD + GGF	0	12.054.041	11.952.362	11.952.362	11.952.362	11.952.362
Gasto de Puesta en Marcha	326.065	0	0	0	0	0
Costo Total de lo vendido	326.065	12.054.041	11.952.362	11.952.362	11.952.362	11.952.362

Tabla 3.1 Costo Total de lo Vendido

La Tabla 3.1 muestra el costo total de lo vendido para cada año. El mismo se obtiene al sumar la mano de obra directa, los gastos generales de fabricación y el gasto de puesta en marcha. A su vez, los gastos generales de fabricación incluyen los gastos en insumos, distribución (costo del material a reciclar), auditorías, agua, electricidad, amortizaciones y mantenimiento.

Cabe remarcar que el estudio se realizó a moneda constante (sin inflación y con una tasa de cambio de 1US\$ = 3.2\$).

En lo que respecta a la financiación, no se han realizado mayores cálculos ya que por un lado se pretende medir la rentabilidad del proyecto en si mismo o sea cuanto rinde la inversión total sin considerar el financiamiento de la misma. Por otro lado, la idea es

tener un socio que financie el proyecto aportando el capital a cambio del know how, la gestión y control del proceso. Otra posibilidad podría ser vender el proyecto a una empresa que aporte el capital a cambio de cierto porcentaje de las ganancias.

A continuación se observa, por un lado el cuadro de resultados (Tabla 3.2) y por el otro el flujo de fondos del proyecto y los valores obtenidos para el valor actual neto y la TIR (Tabla 3.3).

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas	\$ 0	\$ 10.613.473	\$ 14.858.862	\$ 19.104.251	\$ 21.226.945	\$ 21.226.945
Gasto de Producción	\$ 0	\$ 2.036.642	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963
Gasto de Puesta en Marcha	\$ 326.065	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo de Producción	\$ 326.065	\$ 2.036.642	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963	\$ 1.934.963
Costos de Administración	\$ 0	\$ 66.647	\$ 66.647	\$ 66.647	\$ 66.647	\$ 66.647
Costo de Comercialización	\$ 0	\$ 9.950.753	\$ 9.950.753	\$ 9.950.753	\$ 9.950.753	\$ 9.950.753
Costo Total de lo vendido	\$ 326.065	\$ 12.054.041	\$ 11.952.362	\$ 11.952.362	\$ 11.952.362	\$ 11.952.362
Resultado operativo	-\$ 326.065	-\$ 1.440.568	\$ 2.906.500	\$ 7.151.889	\$ 9.274.583	\$ 9.274.583
Otros Resultados						
Resultado final antes de IG	-\$ 326.065	-\$ 1.440.568	\$ 2.906.500	\$ 7.151.889	\$ 9.274.583	\$ 9.274.583
Impuestos a la Ganancia (35%)	\$ 114.123	\$ 504.199	\$ 1.017.275	\$ 2.503.161	\$ 3.246.104	\$ 3.246.104
Pago IG	\$ 0	\$ 0	\$ 29.035	\$ 1.962.839	\$ 2.975.943	\$ 3.246.104
Resultado después de IG	-\$ 326.065	-\$ 1.440.568	\$ 2.877.464	\$ 5.189.050	\$ 6.298.640	\$ 6.028.479

Tabla 3.2 Cuadro de Resultados

A partir del cuadro de resultados se obtiene tanto la utilidad antes del impuesto a las ganancias como el impuesto en sí mismo. El resultado final antes de IG se consigue al restarle el costo total de lo vendido a las ventas.

Cabe remarcar, que a fin de que el proyecto se amoldara a la realidad se han hecho dos consideraciones. Por un lado, se han escalonado las ventas. Estimando que para el primer año se logra el 50% del objetivo, para el segundo año el 70% y para el tercero el 90%. Por otro lado, en cuanto al pago de IG (en el mes de Mayo) tanto en el año 1 como en el año 2 no se pagan anticipos porque en el año 0 y en el año 1 se tiene quebranto. Luego, lo que se paga en el año 2 es el anticipo menos la acumulación del quebranto. A partir del año 3 en adelante, se paga el anticipo correspondiente al año en curso más el restante del año anterior.

Flujo de Fondos del Proyecto		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Egresos	Inversión AF	\$3.260.645	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
	Variac. Activo Trabajo	\$0	\$1.020.995	\$0	\$0	\$0	\$0
	Pago a DGI (IG + IVA)	\$0	\$0	\$652.625	\$3.477.961	\$4.973.978	\$5.281.286
	TOTAL	\$3.260.645	\$1.020.995	\$652.625	\$3.477.961	\$4.973.978	\$5.281.286
Ingresos	Utilidad antes de IG	(\$326.065)	(\$1.440.588)	\$2.906.500	\$7.151.889	\$9.274.583	\$9.274.583
	Amortizaciones	\$0	\$173.728	\$173.728	\$173.728	\$173.728	\$173.728
	TOTAL	(\$326.065)	(\$1.266.840)	\$3.080.228	\$7.325.617	\$9.448.311	\$9.448.311
Flujo de Fondos (\$)		(\$3.586.710)	(\$2.287.835)	\$2.427.602	\$3.847.656	\$4.474.334	\$4.167.025
Flujo de Fondos (L\$)		-L\$1.120.847	-L\$714.948	L\$758.626	L\$1.202.393	L\$1.398.229	L\$1.302.195
Tasa	10%						
VA (L\$)	-L\$1.120.847 -L\$649.953 L\$626.963 L\$903.375 L\$955.009 L\$808.561						
TIR	34,08%						
VAN (L\$)	L\$1.523.109						
VAN (\$)	\$ 4.873.949						

Tabla 3.3 Flujo de Fondos del Proyecto

Como es sabido, el VAN mide el excedente generado por el proyecto, por encima de lo que sería producido por los mismos fondos si la inversión se colocara en un plazo fijo con un interés igual a la tasa de descuento. En este caso el $VAN > 0$ por lo que se cumple la condición para aceptar el proyecto y por otro lado significa que el proyecto proporciona \$4.873.949 por sobre lo exigido por el inversionista.

En cuanto a la TIR, la misma toma un valor de 34.08%. Puede interpretarse ésta como la tasa de interés más alta que un inversionista podría pagar sin perder dinero, si todos los fondos para el financiamiento de la inversión se tomaran prestados y el préstamo se pagara con las entradas en efectivo de la inversión a medida que se fuesen produciendo.

Nuevamente por medio de este último criterio de evaluación de proyectos, se acepta el proyecto dado que la TIR es mayor que la tasa de descuento.

3.5 INGENIERÍA FINANCIERA

3.5.1 Organismos que fomentan la I&D

Los empresarios PyME, científicos y quienes aspiren a formar su propia empresa cuentan con elementos diseñados para emprender el desarrollo de nuevos proyectos tecnológicos en conjunto.

Se incluyen a continuación algunas herramientas financieras, de origen público y privado, que fomentan los proyectos de innovación tecnológica en el país y por ende

serán tenidas en cuenta a la hora de evaluar las posibilidades de inversión, total o parcial, en el presente proyecto.

La Ley 23.877 de Promoción y Fomento de la Innovación Tecnológica tiene por objeto "mejorar la actividad productiva y comercial, a través de la promoción y fomento de la investigación y desarrollo, la transmisión de tecnología, la asistencia técnica y todos aquellos hechos innovadores que redunden en lograr un mayor bienestar del pueblo y la grandeza de la Nación, jerarquizando socialmente la tarea del científico, del tecnólogo y del empresario innovador."

En el marco de esta ley, y como autoridad de aplicación a nivel nacional, se crea la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, dependiente de la Secretaría para la Tecnología, la Ciencia y la Innovación Productiva (SETCIP). Esta dependencia se ocupa del gerenciamiento de dos diferentes fondos creados por el estado nacional para implementar la ley 23877: FONTAR y FONCyT.

Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR)

El FONTAR contribuye al desarrollo del Sistema Nacional de Innovación (SNI), financia proyectos de modernización e innovación tecnológica en empresas de bienes y servicios; otorgando subsidios para proyectos de alto riesgo tecnológico presentados por micro, pequeñas y medianas empresas; administra el crédito fiscal para proyectos de investigación, desarrollo experimental e innovación que realicen las empresas.

Su principal objetivo es financiar:

El Desarrollo Tecnológico: Nuevos productos, dispositivos, materiales, procesos y servicios (créditos, incentivos fiscales y subsidios).

La Modernización Tecnológica: Mejoramiento de productos y procesos. Capacitación de personal y certificación de calidad (créditos e incentivos fiscales).

Servicios Tecnológicos: Mejoramiento de instalaciones en centros de investigación para proveer mejores servicios técnicos.

Capacitación y Asistencia Técnica: Mejoramiento de la capacitación de técnicos en el sector privado.

Programa de Consejeros Tecnológicos: tiene como objetivo el desarrollo y mejoramiento de las capacidades tecnológicas empresariales. En este sentido, las Consejerías Tecnológicas se constituyen en un instrumento que permite facilitar a las empresas la identificación precisa de sus necesidades tecnológicas y expresar estas

demandas en el mercado y, por ende, contribuyen a la construcción del mercado de la tecnología y a la articulación del sistema científico - tecnológico con el sector socio - productivo.

Para cumplir con dicho objetivo, el FONTAR promueve la realización de proyectos, asesora y asiste técnicamente a los interesados en la formulación de proyectos, coordina la evaluación técnica, económica y financiera de las solicitudes de apoyo económico, financia los proyectos con evaluación favorable, supervisa y evalúa el desempeño de los proyectos financiados, habilita (cuando así corresponda) las Unidades de Vinculación Tecnológica (UVT), otorga el reconocimiento de idoneidad a los departamentos o grupos de I+D en las empresas (en el marco de la Ley 23.877).

Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT)

El FONCYT tiene como misión apoyar actividades cuya finalidad es la generación de nuevos conocimientos desarrollados por investigadores pertenecientes a instituciones públicas o privadas sin fines de lucro y cuyos resultados son a priori de propiedad pública. La financiación es a través de subsidios (fondos no reintegrables) que cubren total o parcialmente los recursos necesarios.

Dirección Nacional de Asistencia Financiera (DINAF)

La (DINAF) elabora propuestas y ejecuta programas destinados a facilitar a las micro, pequeñas y medianas empresas el acceso al financiamiento.

Actualmente ejecuta distintos programas que, a su vez, responden a distintas necesidades de financiación de Pymes y microempresas, tales como el Régimen de Bonificación de Tasas de interés, FONAPyME (Fondo Nacional de Desarrollo para la MiPyME, FOMICRO, SGR (Sociedades de Garantía Recíproca) y FOGAPyME (Fondo de Garantía para la Micro, Pequeña y Mediana Empresa).

Régimen de bonificación de tasas

El Régimen de Bonificación de Tasas nace en el marco de la Ley N° 24.467 y su modificatoria la Ley 25.300, e instrumentado por el Programa de Estímulo al Crecimiento creado por el Decreto 748/2000, modificado y complementado posteriormente por Decreto 871/2003 y Decreto 159/2005.

El objetivo del Programa es facilitar el acceso de las PyMEs al crédito bancario mediante el subsidio a la tasa de interés de los préstamos otorgados por los bancos que participan del programa. La bonificación es diferencial por provincia y varía entre el 25

y el 50% u 8 puntos porcentuales de la tasa de interés (lo que resulte menor). Los parámetros de subsidios dependen del grado de desarrollo de cada región o provincia.

Los préstamos otorgados en el marco del régimen deben destinarse al financiamiento de capital de trabajo con un monto máximo para cada empresa de \$350000 y un plazo de 36 meses, o bien, para la adquisición de bienes de capital hasta \$800000 o realización de proyectos de inversión hasta \$1.2 millones y plazos de hasta 5 años.

La adjudicación de los cupos para las entidades financieras se realiza a partir de licitaciones o mediante la firma de convenios.

FONAPyME

El Fondo Nacional de Desarrollo para la MiPyME (FONAPyME) fue creado por Ley N° 25.300 y constituido bajo la forma de Fideicomiso Financiero que tiene por objeto realizar aportes de capital y brindar financiamiento a mediano y largo plazo. Está destinado a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas existentes o a ser creadas y formas asociativas que cumplan con los parámetros determinados por la Autoridad de Aplicación (SSEPyMEyDR).

Los recursos son aportados en una primera etapa por el Estado Nacional por hasta \$100.000.000 y está abierto a organismos Internacionales, entidades públicas y privadas, y gobiernos provinciales o municipales. La asignación de dichos recursos se realiza por Jurisdicción (Provincias) en función de los Coeficientes de Coparticipación Federal de Impuestos Nacionales.

Lo dirige un Comité de Inversiones integrado por representantes de: la Subsecretaría de la Pequeña y Mediana Empresa y Desarrollo Regional, la Secretaría de Hacienda, el Banco de la Nación Argentina y el Banco de Inversión y Comercio Exterior. También podrá agregarse un representante de todo inversor que sus aportes superen el 20% del Fondo.

El destino de los préstamos es Multisectorial y se financian inversiones en activo fijo nuevos y usados y capital de trabajo para proyectos, que estén orientados al mercado interno, con principal énfasis en la sustitución de importaciones, y que contemplen un alto impacto en el desarrollo regional, generación de empleo y valor agregado.

Los requerimientos se distinguen según sean los montos solicitados, la finalidad de inversión y el tipo de empresas: nuevas, existentes (sociedades o unipersonales) y grupos asociativos. Se evalúa en base a proyectos (no activos) y los formularios son suministrados por el Programa y tienen instrucciones de llenado muy específicas, tratando de evitar errores de interpretación.

FOMICRO

Destinado a la creación de unidades productivas de bienes y/o servicios por parte de grupos de trabajadores desocupados y subocupados, y a la consolidación de microemprendimientos existentes, se puso en marcha el Fondo Nacional para la creación y consolidación de Microemprendimientos (FoMicro), programa coordinado por el Banco de la Nación Argentina (BNA) y la Subsecretaría PyME del Ministerio de Economía y Producción de la Nación.

Esta iniciativa tiene por objeto el financiamiento de proyectos asociativos o individuales.

Además del crédito a baja tasa y a sólo firma, FoMicro dispondrá (a través de una red de organizaciones sociales) de herramientas de acompañamiento a los beneficiarios, a quienes se les brindará capacitación, asesoramiento y orientación para asegurar el buen desarrollo de las empresas beneficiadas.

Programa global de créditos para MIPyMES

A través del Programa Global de Crédito para MIPyMEs se financia a empresas que facturen un monto máximo de US\$ 20 millones o su equivalente en pesos (sin incluir IVA ni impuestos internos).

El Programa posee una Línea de Créditos en Pesos con destino al financiamiento de proyectos de inversión, y una Línea de Créditos en Dólares destinada al financiamiento de capital de trabajo, prefinanciación y financiación de exportaciones y adquisición de bienes de capital.

Los créditos son a tasa fija, siendo el monto máximo de los mismos de hasta US\$ 3 millones o su equivalente en pesos.

Sociedades de garantía recíproca

Su objeto es facilitar el acceso al crédito a través del otorgamiento de garantías ante cualquier obligación asumida por micro, pequeñas o medianas empresas.

FOGAPyME

Fue creado por la Ley 25.300, con el objeto de otorgar garantías en respaldo de las que emitan las sociedades de garantía recíproca, y ofrecer garantías directas.

3.5.2 Concursos abiertos a la fecha

Energía Productiva 2007

Combinando el conocimiento y la experiencia de YPF y de la Fundación YPF en proyectos productivos y en inversión social, se diseñó el concurso de subsidios ENERGÍA PRODUCTIVA, que busca apoyar emprendimientos productivos emanados de organizaciones de la sociedad civil (OSCs) y PyMES nacionales, aportando dinero y conocimientos con el objeto de generar empleo, aumentar el impacto social y lograr la sustentabilidad de los emprendimientos seleccionados.

Metodología:

Se seleccionarán los mejores proyectos. Hay \$1.500.000 para otorgar subsidios de hasta \$150.000- cada uno.

Por cada proyecto se asignarán dos empleados de YPF que serán tutores del mismo. Existirá también la figura de Consultores Voluntarios. Éstos serán empleados o contratados de YPF que deseen participar en los distintos proyectos subvencionados, aportando su conocimiento y su capacidad de trabajo.

Las propuestas serán evaluadas según:

- Cumplan con los requisitos mencionados en las Bases y Condiciones
- Sean sustentables
- Según haya un potencial beneficio social
- Permitan la transferencia de conocimientos y habilidades desde YPF hacia la sociedad
- Sean coherentes con el entorno y con la relación entre objetivos-actividades

Programa “Promover el turismo ambientalmente sostenible”

El Banco Interamericano de Desarrollo anunció el 7 de Junio de 2007 la aprobación de un préstamo de 60 millones de dólares para mejorar la gestión de desperdicios sólidos en municipalidades que atraen a turistas en Argentina.

El programa favorecerá el turismo sostenible mediante proyectos que implementen soluciones viables tanto técnica como ambiental y financieramente para la gestión

integral de desperdicios sólidos. La iniciativa fortalecerá la capacidad de las municipalidades para acometer esta tarea y crear conciencia y ampliar la participación de las comunidades locales en esta área.

Unas 650 municipalidades forman parte de los circuitos turísticos identificados por el Plan Federal Estratégico de Turismo Sustentable de Argentina. El turismo es una fuente clave de ingresos para las poblaciones de estas municipalidades, especialmente aquellas en los circuitos del noroeste y del noreste con altas tasas de pobreza.

La gestión integral de residuos sólidos ayuda a mejorar la calidad de vida de la población en general y mejora la calidad del paisaje y las experiencias de los turistas que visitan estas áreas.

Las actividades para promover la participación de la comunidad en la solución de los problemas de la gestión de residuos sólidos urbanos incluirán capacitación en gestión de negocios, seguridad industrial y salud ocupacional, seguridad, orden y limpieza y tareas de mantenimiento para ayudar a los trabajadores informales a ingresar en el mercado laboral formal.

La Secretaría de Turismo de la Nación (SECTUR) y la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) ejecutarán el proyecto.

El préstamo es a 25 años, con un período de gracia de cinco años y tasa de interés variable. Los recursos de la contraparte local para esta operación ascenderán a 15 millones de dólares.

Líneas de Innovación Productiva 2006

Buenos Aires Innova es un Programa Marco de la Dirección de Tecnología para el fomento y la promoción de la innovación tecnológica. Dentro del mismo, las 4 líneas de trabajo de Innovación Productiva otorgan subsidios a empresas para:

- Innovación de Producto
- Innovación de Procesos
- Innovaciones organizacionales
- Conformación o fortalecimiento de clusters o grupos asociativos

Los subsidios son de hasta el 50% del monto total del proyecto, más un adicional de aplicación exclusiva a costos de la participación directa en el proyecto de entidades públicas del sistema científico tecnológico.

Montos de subsidios			
	Subsidio Básico	Adicional Eventual	Adicional Eventual
Subsidios sobre el monto total del proyecto aprobado	Hasta 50%	Hasta 5% Para costos de asistencias o servicios de entidades de CyT	Hasta 2,5% Para costos de UVT por actividades de vinculación
Montos máximos a subsidiar por proyecto	Sin adicional	Sin adicional	Adicional
Micro empresas	\$ 35.000	\$ 3.500	\$ 1.750
Pymes	\$ 70.000	\$ 7.000	\$ 3.500
Proyectos Asociativos	\$ 120.000	\$ 12.000	\$ 6.000

Tabla 3.4 Monto del subsidio en función del tamaño de la empresa o del tipo de proyecto

Los destinatarios del concurso MIPyMEs (Micro, Pequeñas y Medianas Empresas) que desarrollen su actividad productiva en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Las mismas deberán cumplir ciertos requisitos en cuanto a facturación anual, funcionamiento real, obligaciones fiscales y provisionales, entre otros.

Las propuestas serán evaluadas según:

- La intensidad tecnológica de la firma o grupo asociativo.
- Incorporación de puestos de trabajo.
- Participación de Instituciones del Sistema Científico - Tecnológico.

CONCLUSIONES

En cuanto al tema puntual relacionado con el material a ser atendido se detectó que el reciclaje de placas radiográficas en el país no se encuentra desarrollado de modo profesional y en coherencia con el medio ambiente. Lo cierto es que luego del estudio realizado y habiendo seleccionado un método para su reciclaje, puede afirmarse que esta propuesta es benéfica en numerosos aspectos resaltando como más importantes los aspectos ambientales, sociales, económicos.

Por un lado, la propuesta es amigable con el medio ambiente reduciendo la cantidad de residuos especiales a ser dispuestos en rellenos sanitarios. A su vez, los efluentes generados a lo largo del proceso y sus concentraciones no solo no son nocivos para el medio ambiente sino que en el caso de algunas sustancias llegan a tener cualidades favorables que permiten que los mismos sean empleados con el fin de tratar aguas residuales. Desde este punto de vista puede ser considerado como un grano de arena aportado para contribuir con la mejora de la calidad de vida de la población.

La materialización de esta idea es fundamental para el uso sostenible del metal precioso contenido en las placas radiográficas desde el punto de vista de una provisión secundaria de abastecimiento que extiende el ciclo de vida de dicho material, permitiendo ahorros de energía y generando nuevos puestos de trabajo.

Por todos estos aspectos mencionados, puede verse este proyecto como una inversión “para la sociedad” que a su vez es altamente redituable.

Por tratarse de un trabajo final en el campo de la Ingeniería Industrial, si bien por cuestiones de alcance se enfoca el proceso desde una perspectiva teórica, no se dejó de lado en ningún momento la idea de implementación real del proyecto; concibiéndose este documento como el punto de partida para la puesta en marcha de una interesante innovación tecnológica.

REFERENCIAS

1. Tierney J., "Recycling is Garbage", New York Times, 30 June, 24, (1996)
2. London Fix, (2007)
3. Hampton T., "Researchers Examine Long-term Risks of the Exposure to Medical Radiation", Journal of the American Medical Association, 296, 638 (2006)
4. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 28
5. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 28
6. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 28
7. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 28
8. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 28
9. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 29
10. Zalakain, "Principios de la Radiología Básica", 30-32
11. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 4 (1991)
12. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 11 (1991)
13. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 11 (1991)
14. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 11 (1991)
15. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 12 (1991)
16. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México, "Guía para examen Radiográfico", 12 (1991)
17. Wood C.M., Hogstrand C., Galvez F. and Munger R.S. (1996). The physiology of waterborne silver toxicity in freshwater rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): 1. The effects of ionic Ag⁺. *Aquat. Toxicol.* 35, 93-109
18. Hogstrand C., Ferguson E.A., Galvez F., Shaw J.R., Webb N. and Wood C.M. (1999) Physiology of acute silver toxicity in the starry flounder (*Platichthys stellatus*) in seawater. *J. Comp. Physiol. B* 169, 461-473.
19. Hogstrand C., Galvez F., Wood, C.M. (1996). Toxicity, silver accumulation and metallothionein induction in freshwater rainbow trout during exposure to different silver salts. *Environ. Toxicol. Chem.* 15, 1102-1108.
20. Bury N.R., F. Galvez and C.M. Wood. 1999a. Effects of chloride, calcium, and dissolved organic carbon on silver toxicity: comparison between rainbow trout and fathead minnows. *Environ. Toxicol. Chem.* 18(1): 56-62.
21. Bury N.R., F. Galvez and C.M. Wood. 1999a. Effects of chloride, calcium, and dissolved organic carbon on silver toxicity: comparison between rainbow trout and fathead minnows. *Environ. Toxicol. Chem.* 18(1): 56-62.

22. Buikema, A.L., Jr., J. Cairns, Jr. and G.W. Sullivan. 1974b. Evaluation of *Philodina acuticornis* (Rotifera) as a bioassay organism for heavy metals. *Water Resour. Bull.* 10:648-661
23. Lemke, A.E. 1981. Interlaboratory comparison acute testing set. EPA-600/3-81-005, *Environ. Res. Lab.*, U.S. EPA, Duluth, MN: 29 p. (U.S. NTIS PB81-160772). En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
24. Elnabarawy, M.T., A.N. Welter and R.R. Robideau. 1986. Relative sensitivity of three daphnid species to selected organic and inorganic chemicals. *Environ. Toxicol. Chem.* 5(4): 393-398. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
25. Rao, T.S., M.S. Rao and S.B.S.K. Prasad. 1975. Median tolerance limits of some chemicals to the fresh water fish "*Cyprinus carpio*". *Indian J. Environ. Health* 17(2): 140-146. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
26. Diamond, M., D.G. Mackler, M. Collins and D. Gruber. 1990. Derivation of a freshwater silver criteria for the new river, virginia, using representative species. *Environ. Toxicol. Chem.* 9(11): 1425-1434. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
27. Brown, B.T. and B.M. Rattigan. 1979. Toxicity of soluble copper and other metal ions to *Elodea canadensis*. *Environ. Pollut.* 20(4): 303-314. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
28. Turbak, S.C., S.B. Olson and G.A. McFeters. 1986. Comparison of algal assay systems for detecting waterborne herbicides and metals. *Water Res.* 20(1): 91-96. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
29. Stokes, P.M. 1981. Multiple metal tolerance in copper tolerant green algae. *J. Plant Nutr.* 3(1-4): 667-678. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
30. Ghosh, T.K., J.P. Kotangale and K.P. Krishnamoorthi. 1990. Toxicity of selective metals to freshwater algae, ciliated protozoa and planktonic crustaceans. *Environ. Ecol.* 8(1B): 356-360. En: AQUIRE (Aquatic toxicity Information Retrieval) database. U.S. Environmental Protection Agency, National Health and Environmental Effects Research Laboratory, Mid-Continent Ecology Division, Duluth, Minnesota.
31. Ratte, H. T. 1999. Bioaccumulation and toxicity of silver compounds: a review. *Environ. Toxicol. Chem.* 18(1): 89-108.
32. Comunicación privada, Ing. Luis E. Higa, Instituto Nacional del Agua; Director del CENTRO DE TECNOLOGÍA DEL USO DEL AGUA - CTUA, 03/09/2007
33. Comunicación Privada, P.F.D.C, Mayo 2007
34. Davis B. Hilton, "Non-Toxic Process for Recovery of Photographic Silver", Patente (US 5064466) 1991
35. Comunicación Privada, G.D., Mayo 2007

36. Comunicación Privada, A.N., Mayo 2007
37. Comunicación Privada, J.M., Junio 2007
38. Comunicación Privada, M.M.G., Junio 2007
39. Davis B. Hilton, "Non-Toxic Process for Recovery of Photographic Silver", Patente (US 5064466) 1991
40. Nuri Nakiboğlu; Duygu Toscali; Gürel Nişli, "A Novel Silver Recovery Method from Waste Photographic Films with NaOH Stripping", 2001
41. Eugene Wainer, "Recovery of Silver, Polyester and Amino Acids from Processed Film", Patente (US 3647422) 1972
42. S. Syed; S. Suresha; L.M. Sharma; A.A. Syed, "Clean Technology for the Recovery of Silver from Processed Radiographic Films", Hydrometallurgy 63 277-280 (2002)
43. Kenneth R. Buser; Thomas A. Rettig, "Recovery of Silver from Photographic Films by High Shear Conditions", Patente (US 4612057) 1986
44. Harold Messerschmidt, "Method for Recovering Silver from Waste Photographic Film and Paper", Patente (US 4759914) 1988
45. Ralph Anderson, "Process for Extracting Silver from Silver Bearing Materials", Patente (US 3733256) 1973
46. Adrian C. Dorenfeld; Gust Bitsianes, "Silver Recovery Process", Patente (US 3649250) 1972
47. Hargovind L. Govani, "Precious Metals Recovery Method", Patente (US 3666079) 1972
48. Kenneth M. Grout, "Method and Apparatus for Recovering Silver and Plastic from Used Film", Patente (US 4392889) 1983
49. William L. Dusenberry, "Silver Recovery Process", Patente (US 3960550) 1976
50. Lubertus Bakker, "Process for Metal Recovery", Patente (US 3748123) 1973
51. Patrick A. Phillips, "Process for Stripping Photographic Materials", Patente (US 4150977) 1979
52. N. Sathaiyan; V. Nandakumar; P. Ramachandran, "Hydrometallurgical recovery of silver from waste silver oxide button cells", Journal of Power Source 161, 2006
53. Comunicación Privada, Víctor Acuña Técnico Radiólogo (Santiago del Estero), 21/05/2007
54. Comunicación Privada, Adalberto Piñero Jefe de Área Radiofísica Sanitaria; Ministerio de Salud Pcia. Bs. As., 04/06/2007
55. N. Sathaiyan; V. Nandakumar; P. Ramachandran, "Hydrometallurgical recovery of silver from waste silver oxide button cells", Journal of Power Source 161, 2006

BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN

Libros:

Física Moderna, Luis Roque Argüello, Ans-Global, 4ta. Edic.
Química General, Whitten, Davis, Peck, McGraw Hill, Interamericana, 5ta. Edic.
Medio Ambiente, ITES-Paraninfo

Revistas:

Tiempo de Aventura, fascículo 96 edición 2007
Gerencia Ambiental, fascículos: 125-127-131-133 edición 2006

Entrevistas:

Dr. Ré, Ricardo
Dr. Lynch, Carlos
Dr. Martínez, Juan Carlos
Víctor Acuña (Técnico Radiólogo)
A.N. particular que procesa placas
G.D. particular que procesa placas
M.M.G particular que procesa placas
Gass, Anali (Sociedad Argentina de Radiología)
Piñero, Adalberto (Jefe de Área Radiofísica Sanitaria, Ministerio de Salud de la Pcia. de Bs. As.)

Papers y Patentes:

- *Advances in Electronic Waste Recovery* “ Developments in Metal Recovery and Energy Recovery” by Frost & Sullivan
- IMAGING CHEMICALS AND MATERIALS by Uwe Fink with Fred Hajduk, Jun Shimosato and Yosuke Ishikawa
- *Clean technology for the recovery of silver from processed radiographic films* by S. Syed, S. Suresha, L.M. Sharma, A.A. Syed
- Buser, K.R., Rettig, T.A., 1988. Canadian Patent CA 1238790 (IPC C228-007/00).
- Chwojnowski, A., Lada, W.A., 1985. Polish Patent, PL 133637 (IPC G03C-011/24).
- Kibata, K., Nakamura, S., 1999. Japanese Patent 1999-313302.
- Liu, X., 1989. Chinese Patent, CN 1037547 (IPC C 22B-011/04).
- Messerschmidt, H., 1988. American Patent, 475 9914 (CI. 423-39).
- Mueller, P.J., Ozegowski, J.H., Koehler, W., Hess, W., Kochanowski, Herbert, S.D., Mueller, G., Schorning, D., Roessler W., Kehlert, F., 1990. German Patent, DD 284143 (IPC G 03C-011/24)
- Parmac, S., Castov, I., Trestioreanu, F., Beleaua, V., Polgar, I., Stanciu M., Turturica, L., 1988. Romanian Patent, RO 95470 (IPC C 228-011/04).
- Sawistowsky, J., Thiem, M., Heinritz, B., Hedlich, R., 1990. German Patent, DD 281417 (IPC C12P-021/06).
- Yatsugi, N., Tanaka, T., 1999. Japanese Patent 1997-365916.
- Vinyals Olia, Juan; Roca Vallmajor, Antonio; Cruells Cadevall, Montserrat; Juan Morera, Eulalia; Casado Jiménez, Juan; European Patent 2003 EP 1281779
- James Sydney Bentley; US Patent 1973, 3715291
- James Sydney Bentley; US Patent 1975, 3901777

- Jerry S. Salemi; Paul Dean Pease; US Patent 1978, 4069127
- Yoshio Idota; Haruo Shibaoka; US Patent 1978, 4111766
- John H. Skinner; James S. Bentley; US Patent 1981, 4299676
- James C. Palazzolo; US Patent 1982, 4346980

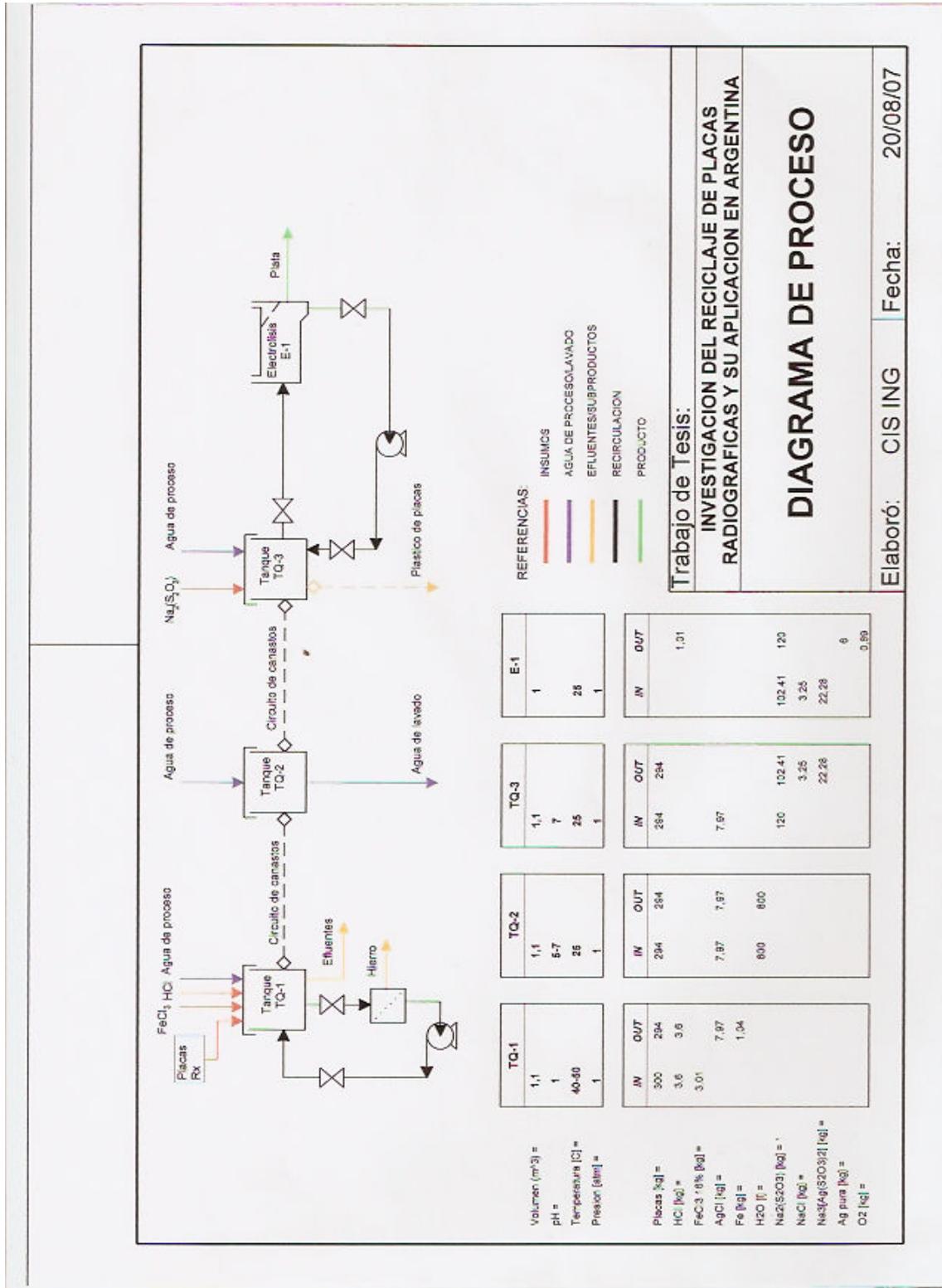
Internet:

<http://www.silvercouncil.org>
<http://www.metalespreciososoro.com.ar>
<http://www.deforx.com>
<http://www.ongov.net>
<http://www.ecobidon.es>
<http://www.portal-industrial.com.ar>
<http://www.environmental-expert.com>
<http://www.faardit.com.ar>
<http://www.fissoresa.com.ar>
<http://www.andi.com.co>
<http://www.kodak.com>
<http://www.mtas.es>
<http://www.p2pays.org>
<http://www.ladco.com.ar>
<http://www.elperiodicoextremadura.com>
<http://www.mcghealth.org>
<http://www.panalytical.com>
<http://www.basel.int>
<http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es>
<http://galeon.com>
<http://www.miamidade.gov>
<http://www.sapiensman.com>
<http://www.ndt-ed.org>
<http://www.ban.org>
<http://www.freepatentsonline.com>
<http://www.sld.cu>
<http://www.sar.org.ar>
<http://www.taller.org.ar>
<http://www.silverinstitute.org>
<http://minerals.usgs.gov>
<http://www.estrucplan.com.ar>
<http://www.milarenzimas.com>
<http://www.iadb.org>
<http://www.cientificosaficionados.com>
<http://www.creweb.com>
<http://www.daprahnos.com.ar>
<http://www.eloncedigital.com.ar>
<http://www.novozymes.com>
<http://www.saporiti.com.ar>

<http://pubs.acs.org>
<http://www.epa.gov>
<http://en.wikipedia.org>
<http://www.fundacionypf.org.ar>
<http://www.gcba.gov.ar>
<http://www.hallmarkrefining.com>
<http://www.ricyt.org>
<http://www.krf.or.jp>
<http://www.ciber-arte.com>
<http://www.ingenieroambiental.com>
<http://www.dsostenible.com.ar>
<http://www2.medioambiente.gov.ar>
<http://www.cedom.gov.ar>
<http://www.jbr.co.uk>
<http://www.jtbaker.com>
<http://www.jackspcs.com>
<http://www.plastivida.com.ar>
<http://www.lenntech.com>
<http://p2library.nfesc.navy.mil>
<http://www.unlu.edu.ar>
<http://www.rotexsilver.com>
<http://www.ambiente.gov.ar>
<http://www.spa.gba.gov.ar>
<http://www.zsilver.com>
<http://www.macraesbluebook.com>
<http://www.pesticideinfo.org>
<http://www.spsavaliya.com>
<http://myflorida.com>
<http://www.sepyme.gov.ar>
<http://www.silverprofit.com>
<http://www.academycorp.com>
<http://www.pilmsa.com.ar>
<http://www.parqueilz.com.ar>
<http://www.elbarreroecologico.com.ar>
<http://www.arlog.org>
<http://www.transportacion.com.ar>
<http://www.transmec.com.ar>
<http://www.desleronline.com>
<http://www.atanor.com.ar>
<http://www.sipea.net>
<http://www.centralquimica.com.ar>
<http://www.cypsaimpex.com.ar>
<http://www.dalinger-plasticos.com.ar>
<http://www.tecnoind.com.ar>
<http://www.milter.com.ar>
<http://www.mjpquimicos.com>

<http://www.instrulab.com.ar>
<http://www.centraldellibro.com>
<http://www.juanmessina.com.ar>
<http://www.tiendadigitalsrl.com.ar>
<http://www.santoliquidoequipos.com.ar>
<http://www.pysel.com.ar>
<http://www.ciberteca.net>
<http://www.ambiente.com.ar>
<http://www.eami.com.ar>
<http://www.lindberg.com.ar>
<http://www.ryrtermica.com.ar>
<http://www.genencor.com>
<http://www.ipa-argentina.com>
<http://www.lextral.com.ar>
<http://www.ozonoargentina.com.ar>
<http://www.quimicaeg.com.ar>
<http://www.repsa.com.ar>
<http://www.quiminet.com.mx>
<http://www.matyserweb.com.ar>
<http://www.unitek.com.ar>
<http://www.viarural.com.ar>

ANEXO I



ANEXO II

