

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN PARA RECUPERAR ESTAÑO METÁLICO PROCEDENTE DE LOS BOTES DE HOJALATA CONTENIDOS EN LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU) QUE SE GENERAN EN EL CAMPO DE GIBRALTAR

Nuria Baladés Ruiz / Julio Pérez Roda

Este artículo basado en el proyecto "Diseño de una planta para recuperar el estaño contenido en los recortes de hojalata y en los botes de conserva usados, mediante un procedimiento electrolítico alcalino" se ha aplicado exclusivamente a la recuperación del estaño de los botes de conserva contenidos en la basura que generan los habitantes del Campo de Gibraltar.

Con este trabajo pretendemos resaltar la importancia de llevar a cabo una política de reciclaje de los residuos que se originan en nuestra comarca, no sólo para conseguir una reducción del volumen generado, sino también como una alternativa al despilfarro de recursos y energía y sobre todo para contribuir a la protección y mejora del medio ambiente.

La población actual del Campo de Gibraltar ronda los 215.000 habitantes, si consideramos que cada ciudadano produce una media de 1,4 kg de residuos, diariamente van a parar al vertedero 311 Tm de RSU, que al año suponen más de 113.400 Tm y que al siguiente año se habrán incrementado en un 1,5%. Al no valorar estos desechos, perdemos cantidades importantes de materia que podría ser reutilizada o reciclada, en nuestra comarca estas cifras ascienden diariamente a 12 Tm de metales, 18 Tm de vidrio, 62 Tm de papel y más de 150 Tm de materia orgánica.

Los RSU representan el 87,3% del total de desechos que llegan al vertedero de nuestra comarca, en la Tabla 1 se recoge la composición de la basura generada durante los años 1998 y 1999.

Creemos interesante la recuperación de estaño por dos motivos fundamentales, a pesar de ser un metal que escasea, su consumo aumenta anualmente en un 1,1%

Las minas de casiterita (SnO₂), principal mineral del que se obtiene el estaño, abundaban en Europa, por ejemplo, la mina de Cornualles en Inglaterra fue explotada durante la ocupación romana, pero en la actualidad, los yacimientos europeos

Tecnologías

carecen de interés y la mayor parte del estaño que se emplea en la fabricación de hojalata, es importado de la India y Bolivia, véase la Tabla 3.

Esta situación lo convierte en un metal caro y con tendencia a la alta, cuyo precio en el mercado oscila alrededor de las 975 ptas/kg (5.840 \$/Tm)

Por otro lado, recuperando el estaño de los botes usados evitamos también problemas de impacto ambiental, ya que para que una mina de estaño sea explotable su ley ha de ser superior a 0,3 kg de estaño por Tm de mineral, mientras que en una Tm de botes de conserva contiene 10 kg de estaño.

Aunque existen otras fuentes secundarias de las que puede extraerse estaño, como son los bronces o los metales de imprenta, se ha pensado en la hojalata por su naturaleza, ya que consiste en una lámina de acero baja en carbono, cuyo espesor oscila entre 0,18-0,5 mm y está recubierta de una fina capa de estaño, cuya riqueza mínima es del 99,75%. La capa de estaño se aplica sobre el acero por electrólisis en un proceso continuo, o por inmersión de la hoja de acero en un baño de estaño fundido.

El método de inmersión se empleó mayoritariamente hasta la II Guerra Mundial y la hojalata que produce contiene como mínimo 1,25 lb/BB de estaño (la lb/BB es una unidad común inglesa de área de hojalata cubierta por las dos superficies, 1 lb/BB equivale a una capa de 0,0015 mm de espesor y 22,3 g de Sn/m²).

La hojalata producida por el método electrolítico contiene de 1 a 0,25 lb/BB. Este método es el más empleado en la actualidad, fabricándose hojalata con recubrimientos de 1, 0,75, 0,50 y 0,25 lb/BB.

La no toxicidad del estaño y su elevada resistencia al ataque de ácidos y disoluciones, permite su empleo como recubrimiento protector de envases destinados a la conservación de alimentos.

El contenido de estaño en la hojalata representa aproximadamente un 1% del total, pero es suficiente para impedir el aprovechamiento de la hojalata en los hornos de acero, ya que a temperaturas superiores a los 800°C, se produce la difusión del estaño en el acero, dañándose las propiedades del producto acabado, con un contenido de estaño del 0,3% se vuelve quebradizo.

Por lo tanto, recuperando estaño de los botes de conserva se recupera también el acero del envase, contribuyendo doblemente a la disminución de problemas de contaminación ambiental y de despilfarro de recursos y energía, ya que empleando 1 Tm de chatarra en la fabricación del acero, ahorramos 1,5 Tm de mineral de hierro y 0,5 Tm de carbón de coque (ambos recursos limitados), reduciéndose además en un 40% el consumo de agua y en un 70% el consumo de energía.

Es importante señalar que la siderurgia española consume anualmente 9 millones de Tm de chatarra de acero, viéndose obligada a importar 4 millones de Tm, con un coste en divisas de 70.000 millones de pesetas.

Se ha elegido para la recuperación del estaño el método electrolítico alcalino, porque este procedimiento frente a otros, como son el procedimiento del cloro o la electrólisis en medio ácido, ofrece una serie de ventajas:

- Es un procedimiento barato, ya que la inversión inicial ronda los 100 millones de pesetas.
- Es un procedimiento bastante rápido, ya que se requieren 56 minutos para desestañar 400 kilogramos de chatarra.
- Es un proceso que no requiere mucha vigilancia, ya que bastan cuatro operarios en la planta.
- El electrolito, compuesto fundamentalmente por hidróxido sódico, actúa como agente limpiador y no es corrosivo, por lo que la limpieza no ha de ser enérgica ni se requieren materiales especiales para su tratamiento.

TABLA 1. TOTAL Y TIPO DE RESIDUOS GENERADOS EN NUESTRA COMARCA

Composición	Año 1998	Año 1999
Asimilables a urbanos	7.493.709 kg	9.086.480 kg
Animales	26.360 kg	4.140 kg
Cartón	338.760 kg	102.580 kg
Férreos	234.360 kg	36.140 kg
Madera	3.428.700 kg	3.062.310 kg
Neumáticos	587.030 kg	431.660 kg
Papel	31.180 kg	24.300 kg
Plásticos	641.780 kg	404.050 kg
Poda	1.827.330 kg	1.691.790 kg
RSU	112.588.257 kg	113.400.390 kg
Voluminosas	705.520 kg	1.419.960 kg
Otros		228.370 kg
Total	127.863.986 kg	129.892.170 kg

TABLA 2. PÉRDIDAS DE METALES POR DÍA Y AÑO

Residuos Sólidos Urbanos	311 Tm/día	113.400 Tm/año
Metales (4%)	12,4 Tm/día	4.526 Tm/año
Metales férreos (88%)	11 Tm/día	3.983 Tm/año
Hojalata (75%)	8,2 Tm/día	2.987 Tm/año
Estaño (1%)	82 kg/día	30 Tm/año

TABLA 3. LOCALIZACIÓN DE LAS RESERVAS MUNDIALES DE ESTAÑO

Península de Malaca	32%
Bolivia	20%
Indonesia	17%
Congo Belga	8%
Siam	7%
Inglaterra	1%

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN DE LA HOJALATA EN LOS SECTORES DE ENVASADO

Sectores de envasado	Porcentaje
Envases de alimentos	51%
Envases de bebidas	15%
Envases de pintura, aceites, etc.	13%
Otros	9%
Tapas	8%
Aerosoles	4%

Tecnologías

- Se recupera tanto estaño metálico, 55 kg al día (20 Tm al año), como chatarra de acero, 11 Tm al día (4.700 Tm al año), que pueden ser vendidas directamente a las acerías.

TABLA 5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL PROCESO ELECTROLÍTICO

Rendimiento metalúrgico o de extracción	97,6%
Consumo de hidróxido sódico	600 kg/Tm metal
Consumo metanitrobenzoato sódico	100 kg/Tm metal
Consumo de energía eléctrica	400 kw-h/Tm
Rendimiento de la corriente	68-70%
Densidad de corriente	100-120 A/m ²

UBICACIÓN

La planta de recuperación de estaño estaría ubicada en un paraje denominado "Majadal de bustos" en el término municipal de Los Barrios, situada a unos 4 km al nordeste del cruce de la carretera comarcal de Jimena-Los Barrios.

Se ha elegido este emplazamiento en particular, porque en esta zona se instalará la nueva planta de tratamiento de residuos, que separará la basura en las líneas orgánico e inorgánico, consiguiéndose de esta forma reducir al mínimo los costes de transporte.

MATERIA PRIMA

La planta de reciclaje está diseñada para tratar una media de 11 Tm de chatarra, constituida por la basura férrica generada por los habitantes del Campo de Gibraltar, esta materia prima pueden llegar a la planta por dos caminos posibles:

Mediante recogida selectiva: Esta quizás sea la forma más atractiva y rentable, consiste en persuadir a los ciudadanos para que ellos realicen la separación de los residuos metálicos en sus hogares y así poder recogerlos separadamente, de esta forma la materia orgánica no contaminaría a los restos metálicos, pero los inconvenientes para poder llevarla a cabo pueden ser:

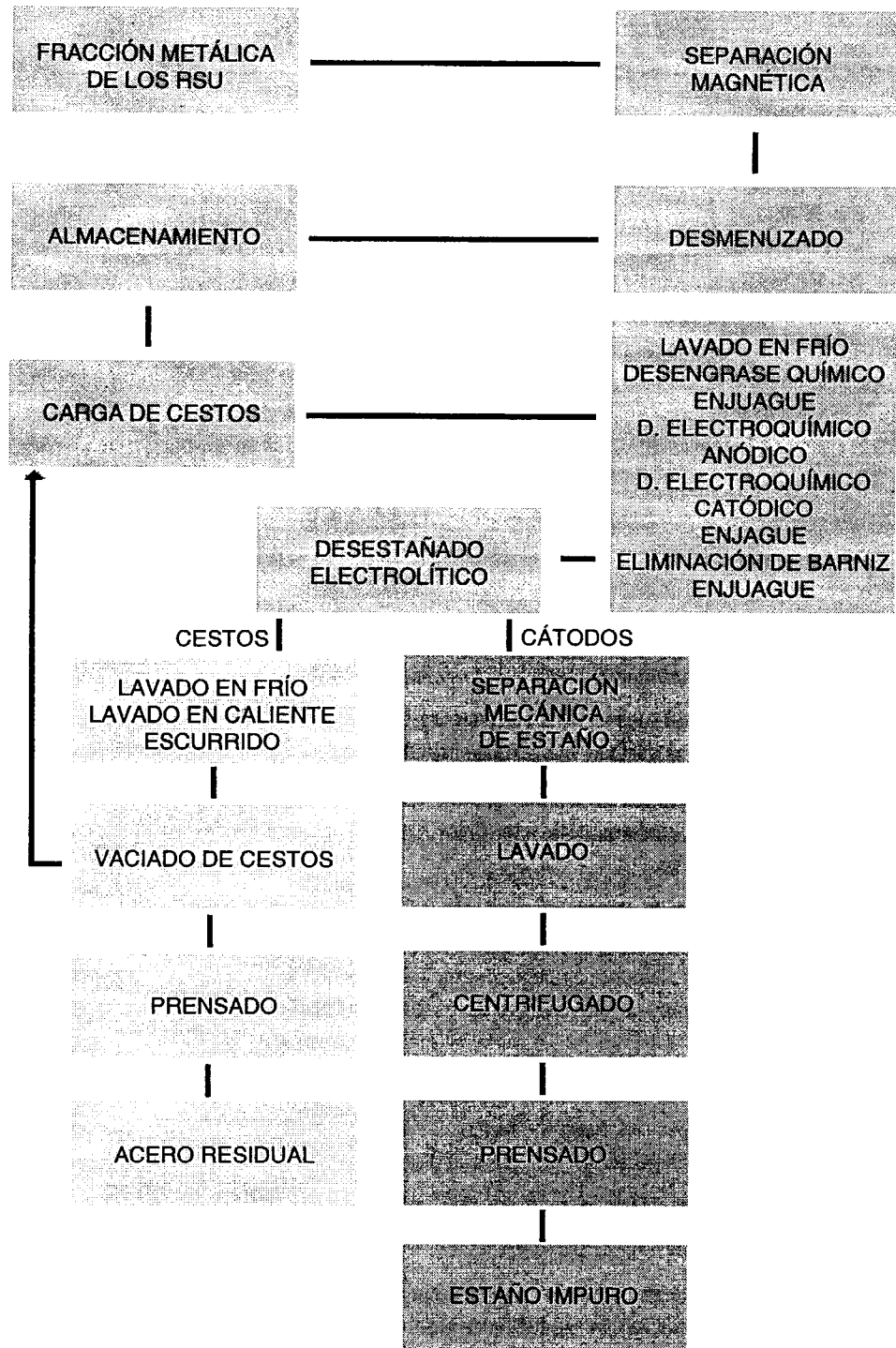
- La baja densidad de los botes sin compactar, que elevaría los costes de transporte.
- El escaso contenido de restos metálicos en la basura (4% del total), que en nuestra comarca equivale a unos 56 gramos por persona al día.
- Se requiere un cambio en la mentalidad por parte de los ciudadanos, ya que debemos pasar de una actitud pasiva ante los residuos que generamos a una actitud activa colaborando con la recogida selectiva.
- Se necesita disponer en los hogares y locales comerciales de los medios para poder llevarla a cabo.

Este tipo de recogida se implantará de forma obligatoria a partir de 2001 en municipios de más de 5.000 habitantes, por lo que afectará a nuestra comarca.

Mediante recogida ordinaria: Es por ahora la alternativa que se lleva a cabo, consiste en extraer los metales de la basura una vez que esta ha sido recolectada, esta mezcla de residuos afecta al proceso de reciclado, ya que genera:

- Una separación dura y cara.
- Una disminución de la calidad de los productos.

DIAGRAMA EN BLOQUES DEL PROCESO DE RECUPERACIÓN DEL ESTAÑO



Tecnologías

- La degradación de la materia orgánica.
- La pérdida de fracciones valiosas.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La patente relativa al empleo de la electrólisis en solución alcalina para desestañar data de 1876. En 1892 el desarrollo en la obtención de energía eléctrica favoreció el establecimiento en Alemania del desestañado electrolítico, principalmente por la Compañía Desestañadora Goldschmidt. En la actualidad este método se sigue empleando en la industria.

Una vez que la chatarra de hojalata llega a la planta, antes de proceder a su desestañado, es necesario realizar algunos tratamientos preparatorios por lo que los botes de conserva, junto con el resto de la basura férrea, se desmenuzará, consiguiéndose con ello la apertura de las juntas, facilitar el transporte y su posterior tratamiento, esta operación se puede llevar a cabo con desmenuzadoras de disco de alimentación en continuo; no es aconsejable el aplastamiento de los botes porque se produce una mayor contaminación del material, al quedar las suciedades aplastadas en los pliegues y por otro lado la recuperación de estaño se hace más difícil al no poder penetrar libremente la disolución desestañadora.

Es de especial importancia eliminar las grasas, lacas y barnices que recubren la hojalata, éstas últimas se aplican en la actualidad sobre la capa de estaño para aumentar la eficacia de la protección sobre la base de acero, por lo que la chatarra pasará por una serie de etapas previas, que se describirán más adelante.

Como el proceso de recuperación se llevará a cabo por la inmersión de la chatarra en diferentes baños, la hojalata una vez desmenuzada se introducirá en cestos de malla de acero de 4 x 1 x 1,3 m y de 5 mm de diámetro, se dispondrá de un total de 10 cestos, cada uno con capacidad para tratar entre 10 y 50 kg de chatarra.

Los cestos una vez cargados serán enganchados a un puente grúa monorraíl de 60 m de longitud, a partir de ese momento un operario dirigirá desde la planta, el traslado y la permanencia de los cestos en los diferentes baños.

Cada uno de ellos llevará incorporada en su parte superior una barra anódica, formada por dos pletinas de cobre de 60 x 10 mm y 4,55 m de longitud, que actuará a modo de interruptor, activando el circuito cuando éstos se encuentren totalmente sumergidos en los baños de electrólisis.

Las etapas previas por las que ha de pasar la chatarra antes de ser desestañada son las siguientes: lavado en frío (L.C.), desengrase químico (D.Q.), desengrase electroquímico anódico (Q.E.A.), desengrase electroquímico catódico (D.E.C.) y eliminación de barnices (E.B.), intercalándose enjuagues entre los baños que tengan diferente composición, para evitar la contaminación de los mismos; el tiempo de permanencia de los cestos en el baños y su composición se recogen en la Tabla 6.

TABLA 6. COMPOSICIÓN DE LOS DIFERENTES BAÑOS Y TIEMPO DE PERMANENCIA DE LOS CESTOS

Tipo Baño	Tiempo	NaHO	Na ₄ P ₂ O ₄	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SiO ₃	Na ₃ PO ₄	L.S.S.
L. C	0,5 min.	2%					
D. Q.	2 min.	30g/l		30g/l		40g/l	1ml/l
D.E.A	1 min.	20%	8%		68%	4%	
D.E.C.	3 min.	20%	8%		68%	4%	
E.B.	6 min.	10%					

El procedimiento electrolítico de desestañado consiste esencialmente en introducir la chatarra de hojalata, contenida en los cestos, que actuarán como ánodo, en una disolución de hidróxido sódico al 8% a la temperatura de 80°C, mientras que

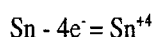
como cátodo actuarán 8 planchas de acero suspendidas en el baño. En estas condiciones el estaño contenido en la hojalata se oxida y pasa a la disolución como estannato sódico, que se reduce depositándose como estaño metálico en el cátodo por el paso de la corriente eléctrica.

El tiempo de permanencia de los cestos en el baño de desestañado es de 24 min., el tiempo necesario para separar la capa superficial de estaño es de unos minutos, el resto del tiempo es para separar el estaño que forma parte de la estructura (representa _ del total), el final del proceso se puede apreciar por la evolución del oxígeno gas sobre la chatarra.

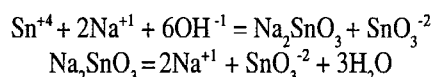
La electrólisis requiere corriente continua, la intensidad de trabajo será de 1.200 A y la tensión de 1,5 V, además está regida por las Leyes de Faraday y de Ohm, la conductividad de las disoluciones se debe al movimiento de los iones en el baño, pero es necesario que se produzca una reacción en los electrodos (conductores en contacto con la disolución), para que se restablezca la corriente en el circuito externo, ya que los electrones que llegan al cátodo procedentes de la fuente exterior se consumen mediante reacciones de reducción, mientras que en el ánodo se originan electrones mediante reacciones de oxidación.

Las reacciones que tienen lugar mediante el desestañado electrolítico, en cada elemento de la celda electrolítica son las siguientes:

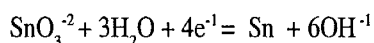
Ánodo: Unido al polo positivo del rectificador, tiene lugar la oxidación del estaño metálico contenido en la hojalata, originándose iones estánnicos que pasan a la disolución:



Electrólito: Aunque no se conocen con exactitud las reacciones que tienen lugar, se supone que ocurre una doble descomposición del estannato:



Cátodo: Conectado al polo negativo del rectificador, tiene lugar la reducción del estannato, formándose estaño metálico que se deposita sobre él:



Como el proceso de deposición es más lento que el de disolución, el electrolito se va enriqueciendo paulatinamente de estaño, aunque a velocidad decreciente. Para facilitar la deposición del estaño en el cátodo, se adicionará a la disolución metanitrobenzoato sódico y como agentes oxidantes se pueden emplear los óxidos de nitrógeno.

PRODUCTOS OBTENIDOS

La chatarra de acero obtenida, unas 11 Tm diarias, con un contenido de estaño inferior al 0,05%, se lavará con agua fría y posteriormente con agua caliente para que seque rápidamente. Finalizado el proceso los cestos se vaciarán por su parte inferior, que será abatible, y se volverán a llenar para incorporarse de nuevo al circuito.

La chatarra se prensará en paquetes de 50 kg de 30 x 30 cm quedando así lista para su comercialización.

El estaño se separará de las planchas catódicas una o dos veces al día de forma manual, obteniéndose diariamente unos 55 kg de estaño metálico, aunque está exento de arsénico, cobre y plomo, siempre contiene aproximadamente un 10% de

Tecnologías

hierro, después de enjuagarlo y secarlo por centrifugación, se comprime en caliente con prensas de tornillo a 400 kg/cm² su purificación tendrá lugar en las industrias metalúrgicas, un método puede ser la fusión del estaño en calderas de fondo inclinado y lecho de carbón vegetal, el refinado final se puede llevar a cabo mediante electrólisis ácida con ácido sulfúrico.

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

En la planta de recuperación de estaño se distinguen las siguientes zonas:

Zona de recepción: De unos 900 m², destinada al pesado, maniobra y espera de camiones.

Zona de separación y concentración: De unos 3.000 m², donde se procederá a la separación y concentración de los restos féreos, así como al desmenuzamiento de los mismos. Para la separación y concentración de dichos residuos, se ha elegido un equipo formado por una banda transportadora de neopreno y un separador magnético rectangular, ya que este equipo ofrece una serie de ventajas como son bajo consumo de energía, gran capacidad de transporte, carencia de ruido y bajo mantenimiento.

Zona de servicios: Está constituida por una serie de edificios que cubren las funciones de oficinas, botiquín, almacenes, aseo, etc.

Planta de reciclaje: Para la planta propiamente dicha, se prevé una instalación de unos 100 metros de largo por 50 metros de ancho, dispondrá además de un laboratorio de unos 20 m², donde se llevará a cabo el análisis de los distintos baños. Tendrá dos puertas de acceso de 4 x 4 m, por una entrará la materia prima, chatarra de hojalata y por la otra saldrán los productos recuperados, acero y estaño.

Excluyendo los problemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos, etc., la planta de recuperación estará constituida básicamente por cubas, accesorios de servicio y electrodos.

La planta dispondría de 19 cubas de acero al carbono, 2 de lavado en frío, 3 de enjuague, 1 de desengrase químico, 2 de desengrase electroquímico, 1 de eliminación de barniz y 8 de desestañado, todas estarán fabricadas con acero al carbono ASTM A 283-C, de 20 mm de espesor, estarán aisladas eléctricamente del suelo y cada una llevará su ficha de control, donde además de las características y condiciones de trabajo del baño, incluirán la fecha y el resultado de los análisis, así como cualquier operación sufrida por el baño.

Estarán colocadas una al lado de la otra, dispuestas de forma transversal y alrededor de ellas se dispondrá de un pasillo de madera de 2 m de ancho, 50 cm de alto y 2,5 cm de espesor, que permitirá que los operarios estén aislados eléctricamente del suelo.

Las cubas que trabajen por encima de la temperatura ambiente, un total de trece, estarán calorifugadas con lana de vidrio de 25 mm de espesor para las cubas no electrolíticas y 30 mm para las cubas electrolíticas (conectadas a rectificadores), además estarán equipadas con capotas de aspiración de vapores, colocadas sobre la superficie de las cubas y fabricadas con acero al carbono ASTM A 283-C, de 2 mm de espesor.

Las cubas de desengrase electroquímico y desestañado, estarán dotadas de toma a tierra, ya que dispondrán de un equipo electrolítico abierto, que rodea la parte superior de la cuba, formado por dos pletinas de cobre de 60 x 10 mm, de 11 m de longitud, sobre esta barra mediante dos ganchos cada una, se sujetarán 8 placas catódicas, formadas por chapas de acero de 1,4 x 1 m, fabricadas con acero al carbono ASTM A 283-C de 1,5 mm de espesor, situándose cuatro placas a cada lado del cesto.

Cada cuba se conectará a un rectificador independiente de 1.500 A y 5 V para el desestañado y 1.500 A y 15V para desengrase electrolítico.

Sala de calderas: Un edificio auxiliar de 15 x 10 m, donde se situará un generador de vapor de 5 Mw, pirotubular horizontal de retorno HTP-S, que producirá 5.400 kg a la hora de vapor de agua a 133,5°C y 3 atm, alimentada con 770 kg de propano diarios, desde una instalación anexa a la planta, que se empleará en el calentamiento de los diferentes baños.

El vapor generado por la caldera circulará por una tubería de acero al carbono A 106-B, dimensionada según ANSI B 36.10 de 8" sd 40, desde esta rama principal el vapor, se distribuye a los diferentes baños, a partir de 13 ramificaciones de 2" sd 40 y una de 3" sd 40, todas las tuberías, con el fin de evitar pérdidas energéticas, irán calorifugadas con lana de vidrio de 25 mm de espesor.

Para el calentamiento de los baños, las cubas dispondrán en su base de serpentines planos, del mismo diámetro nominal que las ramificaciones pero de sd 80, con el fin de dar margen a la corrosión, la longitud de los serpentines depende de las características del baño en el que se encuentren, para el lavado y la eliminación de barniz se requieren 25 m, para los desengrases 17 m y para el desestañado 29 m, el tiempo de calentamiento de todos los baños será de 3 horas.

Zona de tratamiento de aguas residuales: Durante el proceso de recuperación de estaño se producen dos tipos de aguas residuales, las aguas de los baños de enjuague, que tras sucesivas recirculaciones, por encontrarse a una temperatura inferior a 30°C y no contener electrolitos, serán trasladadas a la planta de tratamiento de residuos y las aguas procedentes de los baños agotados, que necesitarán un tratamiento previo, serán vertidas a una fosa común de 7 x 5 x 3 m, donde se procederá su neutralización con ácido sulfúrico diluido hasta que su pH esté comprendido entre 5,5 y 8,5, estas aguas previa decantación serán trasladadas a la planta de tratamiento de residuos.

Los baños de electrolisis que se consideraran agotados cuando se consuma el 50% de la sosa inicial, se renovarán cada semana y los restantes baños cada 15 días.

CONTROLES

Es necesario que durante la electrolisis la temperatura de los baños se mantenga constante, por lo que las cubas de desengrase electroquímico y desestañado, estarán dotadas de un sistema de control de temperatura caudal de lazo cerrado, formado por un termostato de inmersión T121, que medirá la temperatura real del baño, un transmisor que convierte la señal térmica en neumática, enviándola a un controlador, que compara la temperatura real con la fijada, la interpreta y actúa convenientemente sobre el elemento final de control, una válvula que regulará el flujo de vapor de entrada al serpentín.

Otros tipos de controles que han de llevarse a cabo en la planta, a parte de los de la sala de calderas y los controles permanentes referidos al pH, densidad, concentración, etc, que se recogen en las fichas de control de baños, hay que controlar el proceso de desestañado, ya que debe mantenerse una densidad de corriente de 0,18 a 1 A/dm² en la regiones anódica y catódica respectivamente.

Un enemigo particular del rendimiento de la corriente es la aidez del hidróxido sódico por el anhídrido carbónico atmosférico, al carbonatarse el hidrato sódico, disminuye la conductividad eléctrica, por lo que se impone renovar el electrolito frecuentemente con el fin de eliminar el carbonato sódico formado y las impurezas disueltas.

Tecnologías

ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA PLANTA

Los datos económicos que han servido de base para la realización de este análisis económico, se han obtenido de un análisis económico-comparativo de los diferentes procedimientos de desestañar hojalata, que se publicó en la revista *Metalurgia Madrid* (20 [2] 1984) y se recogen en la Tabla 7.

Magnitudes económicas, factores y cálculos:

If: el inmovilizado, representa la maquinaria, aparatos, terrenos, edificios, proyecto, montaje, etc., se encuentra tabulado y su valor asciende a 66.000.000 ptas.

S: las ventas se calculan sumando la cantidad anual de estaño (20 Tm) y la de acero (4.700 Tm) obtenidas, por su precio en el mercado a 975 ptas/kg y 12 ptas/kg respectivamente, un total de 75.973.125 ptas.

Iw: el circulante, materias primas productos vendidos, pendientes de cobro, etc. Representa para estas industrias el 20% de las ventas anuales y su valor asciende a 15.194.625 ptas anuales.

C: los costes de producción, unas 43.500.000 ptas, que se calculan a partir de la suma del volumen de producción, Fi (materia prima, servicios generados, etc.), que representan un 10% del inmovilizado unas 6.600.000 ptas y la mano de obra, Fl unas 36.900.000 ptas.

A: la amortización lineal del capital en diez años, representa el 18,3% del inmovilizado unas 12.078.000 ptas.

R: el beneficio anual, que se obtiene restándole a las ventas los costes de producción, su valor asciende a 32.473.125 ptas.

I: los impuestos se calculan como el 30% de la diferencia entre el beneficio anual menos el 10% del inmovilizado, unas 7.761.937 ptas.

P: el beneficio neto anual, que se obtiene restando al beneficio anual la amortización y los impuestos, unas 12.633.188 ptas.

Rp: la rentabilidad porcentual, que representa el cociente entre el beneficio neto anual y la diferencia entre el inmovilizado y el circulante, corresponde aproximadamente a un 25%. Los resultados de este análisis se recoge en la Tabla 8.

CONCLUSIÓN

Para finalizar haremos una síntesis de las principales ventajas que el tratamiento de los residuos urbanos, mediante un proceso de reciclado, aporta a nuestra comarca:

- Reintroducción en el ciclo de consumo de materiales con cierto valor comercial.
- Obtención de materia orgánica fermentada (Compost), de calidad.
- Creación de una infraestructura comercial e industrial en su entorno.
- Creación de puestos de trabajo directos e indirectos.
- Reducción de los volúmenes destinados al vertido, aumentándose la vida útil de los vertederos.

TABLA 7. DATOS ECONÓMICOS PARA LA INDUSTRIA DE DESESTAÑADO ELECTROLÍTICO

Inmovilizado, If	66.000.000 ptas/Tm
Rendimiento medio en productos	5 kg Sn/Tm desestañada
Precio estaño	975 ptas/kg
Precio chatarra de acero	12 ptas/kg
Plantilla	15 operarios
Coste medio mano de obra	2.460.000 ptas/año

TABLA 8. RESULTADO DEL ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PLANTA

If	Inmovilizado	66.000.000 ptas
Iw	Circulante	15.194.625 ptas
S	Ventas	75.973.125 ptas
Fi	Volumen de producción	6.600.000 ptas
C	Costes de producción	43.500.000 ptas
Fi	Mano de obra	36.900.000 ptas
A	Amortización	12.078.000 ptas
R	Beneficio bruto	32.473.125 ptas
I	Impuestos	7.761.937 ptas
P	Beneficio neto	12.633.188 ptas
Rp	Rentabilidad porcentual	25%

- Reducción importante del riesgo de contaminación, al ser eliminadas las fracciones orgánicas y las metálicas, principales causantes del deterioro de los vertederos.

BIBLIOGRAFÍA

- Eliminación de RSU. Técnicas francesas.* 1985.
Metalurgia. 1986/1987.
Ingeniería Química. Julio 1983. Marzo 1990.
Conservation and recycling 2.1978, 2, 123-130.
Conservation and recycling 3.1978, 2, 6-7.
ión. 7, 1947, 74.
Metalurgia Madrid. 1984.
Metalurgia Cenin, 14, 1978,1, 3-24.
 B.P.Bunt 1980.
Chemical age India, 26,1975, 10
Ecosistemas, 24 y 25.1999.
 Patente española 257085.1960.
 Ley de RSU. 10/1998.
Libro del reciclaje. Junta de Andalucía. 1991.
Galvanotecnia, técnicas y procedimientos. GLAYMAN J. 1980.
Equipos para la industria química y alimentaria. BAQUERO FRANCO 1985.
Las reacciones electroquímicas. CHARLOT G. 1969.
Procesos de transformación de calor. KERN DONALD.1950.
Flujo de fluidos en tuberías y accesorios. CRANE.1987.
Desengrase de los metales. BENNINGHOFF. K.1967.
Manual de Ingeniero químico. ROBERT H. PERRY. 1982