Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.1733
17 de junio de 1997

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

AUDITORIA AMBIENTAL A UNA EMPRESA METALMECANICA

El presente documento ha sido preparado por el consultor Sr. Hervé Boisier Olave, en el marco del proyecto "Políticas para la gestión ambientalmente adecuada de los residuos sólidos urbanos e industriales", fase III, el cual se encuentra adscrito a la División de Medio Ambiente y Desarrollo. Este proyecto es ejecutado por la CEPAL y cuenta con la colaboración y el aporte financiero de la República Federal de Alemania, por intermedio de la Sociedad Alemana de Cooperación Técnica (GTZ). Las opiniones expresadas en este trabajo, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización.

97-6-487

INDICE

Págs.

Abreviaturas usadas en este trabajo v

Resumen vii

I. ANTECEDENTES DE LA AUDITORIA AMBIENTAL 1

1. La gestión ambiental 1
2. Tipos de instrumentos de la gestión ambiental 2
3. Historia 2
4. Importancia 3
5. Objetivos generales y alcances de la auditoría ambiental 3
6. Funciones específicas de una auditoría ambiental . . 3
7. Criterios generales y objetivos específicos de la auditoría ambiental 5

II. LA PRAXIS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL 7

1. Introducción 7
2. La auditoría ambiental de residuos 8
   a) Fase I: Preevaluación 8
   b) Fase II: Balance de materia 9
   c) Fase III: Síntesis 10

III. AUDITORIA AMBIENTAL: EL CASO DE UNA EMPRESA METALMECANICA 11

1. Preparación de la auditoría 11
2. Enfoque de la auditoría ambiental 12
3. Fuentes de información 12
4. Antecedentes de la empresa 13
   a) Antecedentes generales 13
   b) Producción de la industria 14
   c) Descripción del proceso productivo 14
5. Elección de las operaciones unitarias para realizar auditoría ambiental 16
6. Discusión previa a la auditoría ambiental 16

IV. AUDITORIA AMBIENTAL AL PROCESO GLOBAL 18

1. Enfoque utilizado 18
2. Entradas 18
3. Salidas 18
4. Sistema de reciclaje de la industria 19
5. Balance de masa 20
6. Discusión al balance de masa global 21

Pág

V. AUDITORIA AMBIENTAL A LA FUNDICION 23

1. Descripción del proceso 23
2. Enfoque utilizado 24
3. Entradas 24
4. Salidas 24
5. Análisis de los resultados obtenidos 26
6. Rediseño del sistema de captación 28
7. Conclusiones de la auditoría ambiental de la fundición 29

VI. AUDITORIA AMBIENTAL A LA GALVANOTECNIA 31

1. Descripción del proceso 31
2. Enfoque utilizado 33
3. Entradas 33
4. Salidas 33
5. Análisis de los resultados obtenidos 34
6. Reciclaje, sistemas de tratamiento y disposición final de residuos 35
7. Balance de masa del cianuro y zinc 36
8. Conclusiones de la auditoría ambiental de la galvanotecnia 36
9. Alternativas de solución a los problemas detectados 37
10. Evaluaciones técnico-económicas 37

VII. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL DE LA EMPRESA 44

1. Antecedentes del sistema de gestión ambiental (SGA) 44
2. Sistema de gestión ambiental elegido 44

VIII. CONCLUSIONES FINALES 47

Notas 49

ANEXO 1 LA LEGISLACION AMBIENTAL EUROPEA 51
ANEXO 2 LAS NORMAS ISO 14.000 53
ANEXO 3 DIAGRAMAS 55
ANEXO 4 TABLAS 61

Abreviaturas utilizadas en este trabajo

AA	Auditoría Ambiental
CEE	Comunidad Económica Europea
CIC	Cámara Internacional de Comercio
EIA	Estudio de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
INE	Instituto Nacional de Estadísticas
INN	Instituto Nacional de Normalización
ISO	International Organization for Standarization
MP	Material Particulado
OU	Operación Unitaria
PA	Política Ambiental
PROCEFF	Programa de Control de Emisiones de Fuentes Fijas
RILES	Residuos Industriales Líquidos
RISES	Residuos Industriales Sólidos
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SISS	Superintendencia de Servicios Sanitarios

Resumen

La gestión ambiental recién comienza a insertarse dentro de las empresas chilenas y, con ella, los distintos instrumentos que permiten avanzar hacia la calidad ambiental. Dentro de los instrumentos existentes que posee la gestión ambiental, la auditoría ambiental es el más eficaz para lograr que las empresas en marcha mejoren continuamente su comportamiento con el entorno.

A su vez, dentro de las distintas auditorías ambientales, la de residuos permite que las empresas logren cumplir progresivamente con las distintas normativas legales cuya finalidad es la protección del aire, del agua y del suelo. El concepto fundamental de este instrumento es el balance de masa, con el que es posible estimar la cantidad de residuos que están involucrados en un determinado proceso, a la vez de medir la eficiencia de este último.

El trabajo consistió en conocer el impacto ambiental de una empresa metalmecánica chilena, utilizando el enfoque que entrega la auditoría ambiental de residuos, y proponer las medidas correctivas para que pudiera ajustarse a la normativa ambiental de nuestro país. Asimismo, se creó un sistema de gestión ambiental al interior de la misma, el que incluyó una política ambiental.

La auditoría se aplicó a todos los procesos de la planta; se pudo así conocer las emisiones gaseosas, los residuos industriales líquidos y los residuos industriales sólidos. Los resultados dejaron en evidencia distintos aspectos ambientalmente deficientes en estos procesos: mal manejo de los residuos sólidos, un deficiente sistema de captación de gases en la fundición y problemas con algunos elementos de los residuos líquidos que estaban fuera de la norma nacional.

Al cubrir los aspectos ambientales más relevantes de una empresa metalmecánica, se logró plantear una metodología específica para este rubro industrial.

I. ANTECEDENTES DE LA AUDITORIA AMBIENTAL

1. La gestión ambiental

El desarrollo sustentable,[1] entendido como un uso y manejo de los recursos tomando en consideración el consumo de las generaciones futuras y la equidad, es un concepto de creciente aceptación entre los gobiernos del mundo actual. Hay consenso en aceptar que un uso indiscriminado de los recursos, tal como se ha venido haciendo hasta ahora, llevará al ser humano, y al planeta, a una real problemática de subsistencia.

El papel de las industrias en este contexto es protagónico: por un lado son las que permiten el crecimiento de los países y, por otro, deben crearlo sin comprometer el consumo de las generaciones futuras. Es al interior de las industrias donde se desarrollarán las tecnologías y se mejorarán los sistemas de gestión para que los procesos productivos tengan un comportamiento más sano con respecto al medio ambiente, y hacer viable así el desarrollo sustentable. Es ahí donde se inserta el concepto de auditoría ambiental, una de las herramientas de la gestión ambiental.

Lo anterior requiere de una reflexión que es fundamental al tratar de entender la situación de estos temas dentro de los mercados, y al interior de las distintas industrias que los componen. Esta consiste en que se deben incluir los costos ambientales en los precios de los productos. El desarrollo sustentable pasa por lo anterior, e incluso hay líderes empresariales que piensan que de no ser incluidos los costos ambientales en los costos totales, el sistema capitalista estaría en juego: tal es el grado al que hemos llegado.[2] Las legislaciones de los países están tomando en cuenta esta problemática y, a través de distintos mecanismos, desde la fiscalización directa hasta el uso del mercado como ente regulador, se está intentando incorporar los costos ambientales a los precios de productos y servicios.

Además, el hecho de que en la globalización de los mercados el tema ambiental es prioritario y que el discurso ecológico hoy mantiene a las personas más sensibles a estos temas, hacen que la gestión ambiental, hace veinte años desconocida en la mayoría de los países, esté hoy insertándose en la gestión de las empresas privadas y públicas.

2. Tipos de instrumentos de la gestión ambiental

Existen distintos instrumentos dentro de la gestión ambiental, distinguiéndose en los de tipo preventivo, en los orientados a los procesos y en los orientados a los productos.

El estudio de impacto ambiental (EIA) es una herramienta de la gestión ambiental orientada a la prevención. Su función es la de prever el impacto que cierto proyecto va a tener en el medio ambiente, para poder tomar las medidas correctivas antes de su ejecución. Uno de los reglamentos fundamentales que sustentan la Ley de Bases del Medio Ambiente en Chile es el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), que está basado en este instrumento.

El sello ambiental es un instrumento orientado al producto. Se puede entender como una tipificación de los productos en base a variables ambientales (ej.: reciclaje y la biodegradación), y que de alguna manera sirve para mostrar el impacto que el producto tiene en el entorno. Así, esta información permite al público elegir los productos que causen menos impactos negativos al medio; lo que supone, para que esta herramienta tenga sentido, mercados compuestos por personas con una conciencia ambiental desarrollada y un sistema de fiscalización de estos sellos que funcione adecuadamente.

La auditoría ambiental (AA) es una herramienta orientada al proceso, y de acuerdo a la definición de la Cámara Internacional de Comercio (CIC) es un "instrumento de gestión que consiste en una evaluación sistemática, periódica y objetiva del rendimiento de la organización, de los sistemas de gestión, y del equipo involucrado, para limitar y evaluar el impacto medioambiental de las actividades industriales".[3] El Consejo de las Comunidades Europeas aprobó en junio de 1993 el reglamento que crea un sistema de acreditación al que las empresas pueden acceder voluntariamente y donde la AA juega el rol fundamental (ver Anexo 1, La Legislación Ambiental Europea). La misma importancia la tiene en la familia de normas ISO 14 000 (ver Anexo 2, Normas ISO 14 000).

3. Historia

La AA nace en Estados Unidos en la década de los setenta, como una forma por parte de las empresas de medir el comportamiento ambiental de sus procesos, para hacer frente a la estricta legislación que aparece en esos años destinadas a regular las descargas contaminantes en los recursos aire, agua y tierra. Se traslada después a Europa, a través de las empresas multinacionales norteamericanas, las que quieren medir el comportamiento de sus filiales europeas.[4]

Se puede entender la AA como un concepto en cambio, dado el poco tiempo en operación formal y a los cambios tecnológicos y de gestión que están ocurriendo al interior de las empresas.[5]

4. Importancia

La AA es la herramienta más efectiva que tiene la gestión ambiental para evaluar el impacto ambiental de los procesos de una empresa en marcha. Se distingue por ser de carácter periódico y sistemático, y por retroalimentar las medidas que se han tomado, permitiendo guiar los objetivos ambientales que las empresas emprendan.

El énfasis de la AA está puesto en la autorregulación por parte de las empresas, complementando las políticas de regulación estatal y los mecanismos de mercado.[6]

5. Objetivos generales y alcances de la auditoría ambiental

Como se desprende de la definición de la CIC, el objetivo primordial de la AA es promover la mejora de los resultados de las actividades industriales en relación con su impacto al medio ambiente, a través de:

i) El establecimiento y aplicación en las empresas de mecanismos de protección del medio ambiente, tales como la implantación de tecnologías más limpias (menos contaminadoras) y sistemas de reciclaje y/o tratamiento.

ii) La evaluación sistemática, objetiva y periódica de los resultados obtenidos con dichos mecanismos.

iii) La preparación y capacitación del personal para asegurar la permanencia de los objetivos que se alcancen.

6. Funciones específicas de una auditoría ambiental

Una de las funciones clásicas de la AA es la verificación del cumplimiento de normativas, tanto internas como externas, que dicen relación con el medio ambiente, tales como límites máximos de emisiones y normas para el tratamiento de efluentes y residuos sólidos. Independientemente de que en una empresa se realicen o no programas de AA, la verificación del cumplimiento de las normas ambientales y de estándares internos es realizada por organizaciones oficiales encargadas de aplicar y controlar el cumplimiento de tales normativas. Sin embargo, el interés de que tales prácticas sean funciones específicas de la AA, radica en el

hecho de que, de esta forma, se realiza una verificación interna y sistemática del rendimiento de los recursos tanto técnicos como humanos disponibles en la empresa para el control del impacto ambiental que ésta produce. Así, la información obtenida es canalizada en forma directa a las instancias de decisión de la empresa, a través del área de gestión medioambiental.[7]

Es frecuente en los países desarrollados que las instituciones fiscalizadoras soliciten a las empresas reportes periódicos de aspectos específicos o globales en relación con la gestión medioambiental. Si la empresa realiza auditorías ambientales en forma periódica y sistemática, y por lo tanto maneja información al día respecto del rendimiento o efectividad de su gestión medioambiental, estará siempre en condiciones de entregar dichos reportes con mayor prontitud y veracidad.

Otra de las funciones que tiene la AA es ir construyendo una historia del comportamiento ambiental de la empresa para posteriores diálogos con autoridades. En efecto, es muy distinto, cuando aparecen conflictos ambientales, que una empresa haya realizado estudios en el pasado, y que pudiera estar tomando las medidas correctivas, a otra que no se ha preocupado de realizarlos.

Adicionalmente, la AA sirve para verificar el rendimiento de los equipos y dispositivos instalados en los distintos procesos y, en general, medir la efectividad lograda con la inversión efectuada para disminuir el impacto ambiental de los procesos.

En el proceso de verificación de estándares internos y externos en la evaluación del rendimiento de equipos, estructura organizacional e inversión, es posible identificar áreas que es necesario mejorar o corregir. Tal es entonces otra función específica de la AA: la identificación. Un adecuado diseño del programa de auditoría, permite a las empresas identificar problemas ambientales antes que éstos se agraven y, de esta forma, se pueden implementar acciones internas para resolverlos incluso antes que los controladores oficiales sancionen a la empresa por incumplimiento de las normativas.

La AA puede incluir también la revisión de estándares relacionados con los riesgos, la seguridad y la higiene industrial. Las industrias deben preocuparse de minimizar los riesgos asociados a la operación de sus plantas; el buen manejo de los materiales y residuos peligrosos, la correcta utilización de los equipos de protección, el entrenamiento de sus trabajadores en casos de emergencia, la promoción interna de la higiene industrial, son prácticas que deben insertarse adecuadamente al interior de las empresas productivas.

7. Criterios generales y objetivos específicos de la auditoría ambiental

Dentro del objetivo fundamental descrito, existen objetivos específicos de la AA, los cuales son particulares de cada empresa y deben ser formulados coherentemente con la cultura, filosofía y políticas que ésta tenga. Como se desprende del Reglamento de la Comunidad Económica Europea (CEE) (ver Anexo 1), en la formulación de dichos objetivos específicos se deben tener en consideración los siguientes criterios generales:

i) Importancia del manejo medioambiental dentro de los objetivos generales de la empresa.

ii) Posibilidad de alcanzar los objetivos propuestos dentro del plazo previsto.

iii) Posibilidad de medición de los objetivos.

iv) Posibilidad de controlar el logro de los objetivos.

v) Orientar los objetivos a actividades específicas y/o resultados.

En base a la experiencia internacional en la ejecución de auditorías ambientales,[8] los siguientes resultan ser objetivos típicos:

i) Determinación y documentación del estado real de la empresa con relación al cumplimiento de la normativa medioambiental establecida tanto por la autoridad pertinente, como por la propia empresa como parte de una política interna. Aquí se incluyen la identificación de desviaciones entre valores de referencia y reales, análisis de dichas desviaciones o fallas en las distintas unidades de la empresa y detección de áreas en que podrían producirse desviaciones en el futuro.

ii) Mejora de la protección del medio ambiente en las distintas áreas de la empresa. Tal objetivo puede ser alcanzado a través de la creación de medidas de control, la reducción de anomalías que surgen en la operación normal, y la creación de incentivos al personal para que éste tenga buena disposición a colaborar en la reducción de dichas anomalías.

iii) Mejora de los sistemas de gestión de riesgos ambientales, a través de la identificación de problemas ambientales que puedan ser en el futuro desfavorables, la estimación de riesgos de averías que tengan como consecuencia un impacto sobre el medio ambiente y la definición de medidas para el control y reducción del potencial riesgo.

iv) Optimización del uso de recursos, a través de la estimación de costos y medidas tendientes a la reducción de los mismos, el análisis de potencialidades de ahorro en el consumo de materias primas, y de las potencialidades en la disminución de residuos.

v) Desarrollo de bases de datos idóneas para el posterior uso de esta información en la gestión ambiental.

II. LA PRAXIS DE LA AUDITORIA AMBIENTAL

1. Introducción

En el capítulo anterior se hizo una revisión de los aspectos teóricos más relevantes de la AA. En este capítulo se analizará en detalle uno de los tipos de auditoría ambiental: la auditoría de residuos, es decir, la aplicable a la problemática ambiental de la empresa relacionada con sus emisiones contaminantes.

Al respecto, es importante aclarar que el concepto de AA es posible aplicarlo a los distintos objetivos que la empresa se proponga. En este sentido es posible auditar ambientalmente lo siguiente:

i) el SGA, para conocer su efectividad y corregir sus deficiencias, y así poder acreditarlo, si se persigue este objetivo, ante organismos internacionales.

ii) todos los residuos que una empresa genera, o alguno en particular, para ver incumplimientos con respecto a la normativa vigente.

iii) el consumo de uno o varios recursos u elementos (ej.: agua o cromo utilizado), para poder diseñar estrategias de minimización de su uso o de reciclaje.

iv) el consumo de energía.

v) evaluar la higiene y seguridad internos de las empresas, las que facilitan la identificación de incidentes y emergencias potenciales.

Es interesante observar que existe una analogía entre la AA y la auditoría contable del área financiera: esta última se encarga de flujos monetarios, de "haberes" o de "deberes"; la primera, de flujos de energías, materias primas, y de residuos, y de estar bajo una norma específica, o "en azul", o sobre una determinada norma, o "en rojo". La gran diferencia entre ambas radica en el hecho que las AA sólo contienen recomendaciones que la empresa puede o no seguir y que no son de carácter normativo; la excepción a esto

último son las AA para certificar los SGA, donde el propósito es la verificación del cumplimiento de estos sistemas internos ante normas internacionales.[9]

La AA de residuos es especialmente interesante para las empresas que no conocen sus residuos y que están comenzando el camino hacia la gestión ambientalmente adecuada de sus residuos. Lo anterior corresponde al caso que se analizará en los próximos capítulos.

En general, la praxis de la auditoría ambiental de residuos se puede resumir en tres fases. Las siguientes son las descripciones de cada una de ellas y fueron la base para la realización del caso auditado.[10]

2. La autoría ambiental de residuos

a) Fase I: Preevaluación

Una preparación inicial profunda de la AA se requiere para realizar un trabajo eficiente y rentable, ya que en general se tiene como restricción las variables tiempo y costo: planificar desde el inicio es lo más sensato.

Ya sea que el equipo auditor sea parte de la empresa o externo a ella, debe tener una total independencia a la hora realizar y evaluar la AA.

Un paso primordial en el éxito de la AA es fijar los objetivos a alcanzar y el tiempo que va a durar. Se debe definir, por ejemplo, si se requiere auditar un proceso o varios, o si se desea analizar uno o varios elementos. Esto define en el fondo el enfoque que se le dará a la AA.

En la fijación de los objetivos tienen que estar comprometidas personas de alto nivel en la empresa. Se debe también incorporar a los operarios o jefes de secciones, los que generalmente manejan información útil no formalizada.

Una vez definidos los objetivos, y por lo tanto el enfoque que tendrá la AA, el equipo auditor debe hacer un análisis de los recursos que se necesiten. Muchas veces es necesario contratar un laboratorio externo para ciertos análisis, o conseguir equipos para las distintas mediciones que podrían realizarse.

Unido a lo anterior, es importante analizar la información existente. En este sentido, la empresa generalmente maneja información sobre su producción y ventas, sobre el proceso, layout, antigüedad de las máquinas, etc. Hay que saber utilizar esta

información para los fines de la auditoría, y así detectar los huecos de información donde no se disponga de datos.

Si se desea auditar todos los procesos, como es el caso que se analizará en los próximos capítulos, es relevante hacer un rápido análisis sobre las posibles fuentes y tipos de contaminación en la empresa. Saber cuáles son los residuos obvios del proceso general o de alguna operación unitaria (OU) específica, dónde se consume la mayor cantidad de agua, el uso de productos químicos, la existencia de reciclaje y/o sistemas de tratamiento, ayudan a conocer en primera instancia la realidad ambiental de la empresa. Un punto de partida posible puede encontrarse en algunos textos que utilizan métodos indirectos. La "Evaluación Rápida de Fuentes de Contaminación de Aire, Agua y Suelo"[11] permite identificar los tipos y las cantidades probables de residuos asociados a industrias particulares, en base a correlaciones con el nivel de la producción. Otros, como los métodos Winvent e Invent, utilizan la correlación entre el nivel de empleo y la cantidad de residuos.[12]

Una vez que se tienen claro los puntos anteriores hay que identificar las OU relevantes relativas a los objetivos del estudio. Una OU puede definirse como un área del proceso global (o un equipo o maquinaria) donde se introducen los materiales, se realiza una función y se extraen los materiales, posiblemente en diferente forma, estado o composición. Es necesario realizar los diagramas de flujo de los procesos de las OU elegidas, como una forma de dimensionar los elementos que participan y adentrarse en sus operatorias.

b) Fase II: Balance de materia

Una vez realizados los diagramas de flujo de cada OU elegida, y haberse adentrado en los elementos que participan en ellas, hay que realizar los respectivos balances de masa. Estos balances son entendidos como una contabilización de las entradas y salidas de cada operación unitaria. Hay que considerar todo tipo de materia, en cualquier fase físico-química. Por ejemplo, si los objetivos de la AA lo ameritan, y aparte de las materias primas (contabilizadas en las entradas al sistema) y los productos (contabilizados en las salidas del sistema), hay que registrar las emisiones gaseosas, la cantidad de energía utilizada, los residuos industriales líquidos (RILES), los residuos industriales sólidos (RISES), etc. El agua en algunos procesos industriales es utilizada en forma exagerada y debe ser analizada en tales casos en forma especial. También hay que cuantificar todas las materias que se reciclan.

Muchas veces no se tienen datos sobre algunos componentes importantes en el balance de materia y es por lo tanto necesario realizar mediciones al respecto. Hay que tener especial cuidado con la información que se podría obtener a través de estas mediciones, ya que siempre son obtenidas por medio de muestreos que podrían no reflejar la realidad.

Asimismo, no siempre es esperarable que de los balances de masa resulten conclusiones ya conocidas. Ocurre a veces, al analizar los balances, que se identifican desviaciones respecto de datos pasados, o bien, resultados incoherentes. Hay que revisar entonces las posibles fuentes de error que podrían estar afectando el análisis. Las salidas podrían aparentar ser mayores que las entradas si se cometen errores de omisión o estimación, o si se pasan por alto algunas entradas.

Los datos obtenidos de los balances de materia de las OU elegidas deben organizarse y presentarse de manera clara, generalmente a través de tablas.

c) Fase III: Síntesis

Esta fase representa la interpretación de los balances de materia que se hayan realizado. Se pueden identificar las fuentes principales de residuos, buscar desviaciones con respecto a las normas e identificar áreas de pérdidas inexplicables.

Las diferentes medidas a tomar pueden categorizarse en dos grupos:

i) Medidas obvias de reducción de residuos, incluyendo mejoras en las técnicas de administración y en los procedimientos de mantenimiento que puedan implementarse en forma barata y rápida.

ii) Medidas de reducción a largo plazo que involucran modificaciones o substituciones al proceso para eliminar residuos problemas.

En este punto es importante ver las posibilidades de segregación de residuos. Esta puede ofrecer mejores oportunidades para el reciclaje con los ahorros consiguientes de materias primas, además del hecho de que mezclar los residuos puede aumentar los problemas de contaminación. Se deben explorar también los cambios en los procesos que puedan incrementar la eficiencia y reducir la generación de residuos, tales como cambios en los equipos e instalaciones, reducción de la cantidad de materias primas o energía empleadas en la producción, e implementación de técnicas de reciclaje.

Para cada alternativa que se plantee, se debe realizar una evaluación ambiental y otra económica. No siempre la reducción de un residuo es ambientalmente favorable, pues se podría estar creando otro más difícil de tratar. Asimismo, para el caso de la evaluación económica, se deben considerar, aparte de las inversiones que se requieran en las opciones que se propongan, los posibles ahorros en que se incurriría.

III. AUDITORIA AMBIENTAL: EL CASO DE UNA EMPRESA METALMECANICA

1. Preparación de la auditoría

El ejercicio de esta AA a una empresa metalmecánica se realizó en varias etapas.[13] Estas se pueden dividir, por un lado, en las visitas realizadas para la obtención de los datos que maneja la empresa y adentrarse en la operatoria de la industria, y, por otro, las enfocadas a las mediciones en terreno. Los objetivos y la organización de la auditoría se fijaron en las primeras conversaciones que se tuvo con los encargados de la empresa, las que permitieron direccionar y formalizar el enfoque y los alcances de la auditoría.

El objetivo de la AA se fijó en proponer soluciones a los problemas ambientales de la empresa, y que se materializaran en planes de acción o programas de trabajo a seguir para que sus niveles de emisiones estén bajo las normas establecidas por la legislación chilena. Este era el interés de los empresarios, ya que desconocían absolutamente sus emisiones y las alternativas de solución posibles para cumplir con la normativa vigente. Asimismo, se planteó la necesidad de que la empresa cree su propia PA, así como un sistema de gestión ambiental (SGA) interno que permita definir responsabilidades y procedimientos que aseguren la implementación de las medidas a tomar.

El equipo auditor estuvo compuesto por el autor de este trabajo, contando con la colaboración de los dueños para todas las preguntas sobre la administración de la empresa y el proceso productivo; además, se contó con la asistencia de los dos jefes que existen en la industria: el de la línea de manufactura y el del taller de galvanotecnia. Lo anterior es un punto importante que hay que recalcar: se debe tener el apoyo del personal de la planta. Por un lado son una fuente importante de información y por otro, la no inclusión en las tareas de investigación y de medición pueden provocar una problemática interna, como sentimientos de desconfianza con el auditor.

Por otra parte, se requirió de recursos externos. Se requería de un laboratorio químico para caracterizar los RILES. Después de distintas cotizaciones en el mercado y de una evaluación de la

seriedad de ellos, se eligió a la empresa AQUA LTDA. La empresa AMG Bioingeniería LTDA., consultora en tratamiento de RILES, actuó como asesora en estos temas. Asimismo, para la problemática de los gases provenientes de la fundición, se trabajó con el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Chile para los muestreos, además de INTEC CHILE. También se trabajó con expertos de distintas áreas ligados a la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile.

2. Enfoque de la auditoría ambiental

El objetivo principal del estudio requería cuantificar y calificar todos los residuos de la empresa, por lo que la auditoría consideró todos los procesos de la empresa. Los residuos de esta empresa se pueden dividir fácilmente en residuos sólidos, líquidos y gaseosos. Del balance total de masa se pensó que podrían obtenerse estimaciones de la cantidad de los residuos industriales sólidos (RISES) metálicos que resultaban de la operación global. Sin embargo para el caso de la fundición y del proceso de zincado había que profundizar el análisis, ya que del balance global era difícil hacer un estudio preciso de cada caso.

De esta manera, la AA estuvo compuesta por tres estudios llevados a cabo en paralelo: una auditoría al proceso global, una a la fundición y otra a la galvanotecnia.

3. Fuentes de información

Dentro de la información existente relevante para los fines de la AA están, por un lado, los datos que se manejan sobre la gestión interna de la empresa y, por otro, la información a la que es posible acceder a través de mediciones en terreno.

En la etapa de preparación de la auditoría se investigó la información relevante para los fines de la AA que existía en la empresa. Dentro de ella se encontraron datos que la empresa tiene sobre su producción pasada, costos en energía, costos de materias primas, planillas de adquisiciones, informes al Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y reportes de la Asociación Chilena de Seguridad sobre la salud de los operarios.

Dentro de las mediciones efectuadas a lo largo de la auditoría se destacan los balances de masa realizados al horno, como también los muestreos de los RILES. En este caso, hay que tener claro que la información obtenida en las mediciones en terreno son siempre una muestra de toda la información a la que se puede acceder. Lo anterior puede llevar a conclusiones erróneas, si no se toman en cuenta los márgenes de error correspondientes a la toma de datos y

que son inherentes a toda auditoría. Como se verá más adelante, en algunos casos se obtuvo información poco confiable que se detectó a tiempo al consultar a INTEC CHILE.

4. Antecedentes de la empresa

a) Antecedentes generales

La empresa donde se realizó la AA pertenece al sector industrial de clasificación CIIU 381 (relativa a la serie M No. 4 Rev. 2), correspondiente a "Fabricación de Productos Metálicos, exceptuando Maquinarias y Equipos". Este sector está compuesto en Chile por 360 establecimientos industriales, los cuales en conjunto dan ocupación a más de 25 000 personas, con un valor bruto de la producción de US$ 880 millones.[14]

Específicamente esta empresa se dedica a la producción y venta de piezas metálicas de quincallería. Sus principales productos son manillas, perchas, picaportes, perillas y bisagras. El mayor porcentaje de la producción está hecha en base a bronce (aleación cobre más aluminio). También se producen piezas en aluminio fundido, en fierro estampado y, en menor proporción, en cobre estampado.

En la actualidad trabajan en la empresa 18 operarios, dos administrativos, un ingeniero de ejecución industrial y los dos dueños, ingenieros metalúrgicos de vasta experiencia en el rubro.

El régimen de trabajo es de 48 horas semanales (de lunes a viernes). La empresa está ubicada en la sexta región del país. Este último dato es de gran relevancia, pues la normativa ambiental aplicable es menos rigurosa que la que opera en la Región Metropolitana; sin embargo, para fines metodológicos, se consideró a la empresa como si estuviera ubicada en esta última.

La empresa funciona en un local bastante amplio, el que dispone de tres galpones, dos contiguos, muy antiguos, y el tercero separado de los anteriores: el taller de zincado de galvanotecnia. En la actualidad, la mayoría de los procesos se concentran en la nave principal, que es la de mayor tamaño. En ellas se encuentran las siguientes secciones: embalado de productos terminados; matricería; maquinado; estampado; fundición; bodegas de materias primas, materias auxiliares y productos en proceso; y la bodega de productos terminados.

El segundo galpón aloja básicamente a la sección de pulido. Este está compuesto por máquinas para pulido manual y un tambor de rotopulido. En esta nave existen además tambores con materias primas en reciclaje (viruta proveniente del proceso de maquinado)

y máquinas utilizadas en labores misceláneas de producción y mantención (soldaduras al arco y soldaduras de punto).

El tercer y último galpón aloja la sección de galvanotecnia y una pequeña bodega de productos afines (químicos). Está levemente alejada de las otras naves, lo que resulta adecuado pues en ella se trabaja con reactivos químicos.

Una característica de este tipo de industrias es que los diferentes productos que se fabrican están compuestos por distintas piezas que después se ensamblan para lograr la pieza final. Otros son más simples y se producen con una sola materia prima ya sea en las matrices de la fundición o a través del proceso de estampado.

Un dato de relevancia ambiental es que el agua utilizada en los procesos de producción proviene de un pozo que opera todo el año. En general esta fuente de agua es usada en su mayor proporción en el taller de zincado, y, en menor grado, para enfriar las matrices de fundición. Otro dato está relacionado con el nivel tecnológico de la maquinaria utilizada en los distintos procesos: es clara la antigüedad de la mayoría de ellas, algunas con más de tres décadas de uso.

b) Producción de la industria

Se producen en la actualidad aproximadamente cien tipos de productos agrupados en ocho familias. Para poder dimensionar la producción de la empresa se contó con datos proporcionados por la administración.

Estos corresponden a planillas de ventas pasadas y de costeo de productos, las que permiten conocer la producción y los costos totales de la empresa. Para el estudio se consideraron los años 1993, 1994 y 1995.

En la Tabla 1 (ver Anexo 4) se muestran los datos de producción de la industria para los años mencionados. Se puede notar que la producción física disminuyó alrededor de un 8% el año 1994 respecto de 1993, y en un 4% en 1995 respecto de 1994. Asimismo, se desprende que aproximadamente un 55% de los productos están hechos en base a bronce fundido, un 20% en aluminio fundido, un 23% en fierro estampado y un 2% en bronce estampado.

c) Descripción del proceso productivo

Los procesos productivos básicos de la empresa son la fundición y el estampado; el mayor porcentaje de las piezas que fabrica la empresa empiezan su proceso de producción en la primera (cerca del 75% de toda la producción). Esta acotación es importante desde el punto de vista ambiental, ya que los productos estampados no pasan por la fusión de materiales, y por lo tanto no producen contaminación atmosférica ni escoria.

A continuación se describen los procesos que componen el sistema productivo de la empresa:

i) Matricería

Para los productos fundidos el proceso productivo parte con la concepción de la pieza que se fabricará, creándose así la matriz que servirá de molde en la fundición. Para este efecto existen un torno mecánico, un cepillo limador y un pantógrafo con los que se fabrican las matrices de fierro o acero. Según antecedentes entregados en la empresa, los residuos de esta etapa son alrededor de 10 kg/año.

ii) Fundición

Sólo se funde para obtener piezas en bronce fundido y en aluminio fundido. El fundente es vaciado a las matrices y, después de enfriarse unos segundos, las piezas resultantes pasan al proceso de maquinado. En la auditoría a la fundición se explicará detalladamente este subsistema.

iii) Estampado

En general se puede considerar que sólo los productos ferrosos entran al proceso de estampado. Este proceso está constituido por una prensa excéntrica y dos balancines de 4 t y 5 t. Las planchas o flejes de fierro, que son de variadas dimensiones, son cortadas inicialmente con la prensa excéntrica y después prensadas con los otros equipos mencionados. El remanente de tal operación constituye el residuo sólido.

iv) Maquinado

Las piezas que provienen de la fundición y una mínima proporción de las ferrosas, pasan al proceso de maquinado, el que está constituido por esmeriladoras, taladros y tres tornos revólver. En este punto las piezas adquieren sus dimensiones finales, produciéndose viruta de distintos tamaños.

v) Pulido

El pulido es el único proceso que se realiza en la segunda nave de la industria. Las piezas son pulidas con esmeriles, máquinas pulidoras a base de paños, y un tambor de rotopulido. En esta sección existe un sistema de captación de residuos que funciona en forma eficiente. Los residuos resultantes de esta operación corresponden principalmente a los paños utilizados y, en menor grado, a los polvos captados.

vi) Zincado

Al zincado entran sólo los productos que contienen fierro. Como se ha explicado, los productos se ensamblan con piezas de distinto material; ocurre por lo tanto que ciertas piezas entran al zincado y no son exclusivamente ferrosas, sin embargo, la mayor proporción de los productos zincados son 100% de este metal.

El Diagrama 1 permite conocer el flujo de materiales entre las distintas OU y los residuos resultantes de cada una de ellas.

5. Elección de las operaciones unitarias para realizar auditoría ambiental

Hay dos áreas fácilmente identificables como OU debido a las especificidades de sus residuos: la fundición y el taller de galvanotecnia. En la primera los residuos obtenidos son gases, material particulado (MP) y escoria. En el segundo los residuos resultantes de la operación de zincado son RILES y lodos. En todos los demás procesos sólo se producen RISES metálicos que van desde una viruta muy fina al remanente de las planchas de fierro.

Se concluyó así que del balance de masa global de los RISES metálicos podría obtenerse una estimación de estos residuos; asimismo, había que focalizar la auditoría en el área de fundición y el taller de zincado para analizar el MP y la escoria, para el primer caso, y los RILES para el segundo.

6. Discusión previa a la auditoría ambiental

Es relevante recalcar que este trabajo es el primer estudio ambiental que la empresa lleva a cabo. Esta primera AA involucró los aspectos más urgentes que debían desarrollarse para poder cumplir con la normativa nacional y no todos los que se debieran haber tratado de haberse actuado con un criterio riguroso, en términos de abocarse a tomar todas las medidas posibles que implicaban la minimización de residuos o la disminución de los impactos negativos. En efecto, existen las llamadas "buenas prácticas", las que involucran múltiples aspectos que tienen una relación estrecha con los impactos ambientales, y que deben tratarse en posteriores auditorías que se realicen en la empresa. Tales medidas están relacionadas con el control de los inventarios, para no tener más material guardado (materias primas, materiales auxiliares y productos en proceso y terminados) que el que la empresa necesita para operar en forma eficiente; control de fugas, que implican pérdidas de materiales, operaciones de limpieza y eliminación de residuos; realización de mantenimientos oportunos en máquinas y equipos; etc.[15]

Sí correspondía en esta primera auditoría crear una PA, para definir las líneas estratégicas a seguir, además de formalizar un SGA al interior de la empresa: la existencia de por lo menos un responsable encargado de llevar a cabo las recomendaciones de la AA era prioritario, como también la implementación de procedimientos internos para tal efecto.

A manera de introducción de la AA efectuada, es interesante adelantar que el balance de masa global dio lugar a una revisión de los sistemas que actualmente la empresa utiliza para la adquisición de materias primas, manejo de inventarios, y del sistema de costeo, debido a que se obtuvieron resultados negativos en algunos elementos del balance, lo cual teóricamente es imposible. Además, el manejo de RISES no es adecuado ya que generalmente existe un apilamiento de éstos en un patio trasero al aire libre, el que podría estar contaminando las napas freáticas.

Con respecto al área de fundición, se concluyó que actualmente no opera con estándares que hagan posible realizar medidas científicas de su operatoria, y se requiere un rediseño que se evaluó económicamente.

Los RILES del taller de galvanotecnia presentan problemas, de acuerdo a la norma técnica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), con tres variables: pH, zinc, y cianuro. Asimismo, se requiere un cambio al sistema ácido, y de una técnica de tratamiento de RILES para poder ajustarse a la normativa.

A continuación se presenta el estudio realizado en esta industria. Se muestran las auditorías ambientales de cada operación unitaria elegida: se analiza el balance global de materia y la información que de se ella infiere (Capítulo IV), después se muestra la AA al área de fundición (Capítulo V), y finalmente la correspondiente al taller de zincado (Capítulo VI).

En el Capítulo VII se describe el SGA que la empresa adoptó y en el Capítulo VIII se entregan las conclusiones generales de este trabajo.

IV. AUDITORIA AMBIENTAL AL PROCESO GLOBAL

1. Enfoque utilizado

En una mirada global a la industria, las entradas son todas las materias primas que entran al proceso. Si se quiere cuantificar los RISES metálicos, corresponde analizar los elementos chatarra de bronce y aluminio, el silicio, el fierro laminado y el bronce laminado. Obviamente que existen otros materiales para otros procesos, como el embalado, pero el enfoque del balance de masa global fue pensado para cuantificar sólo los RISES metálicos. Las salidas corresponden a todos los productos terminados. En la conceptualización del balance de masa es importante conocer las materias primas u elementos que se reciclan, lo cual se analizó junto a los encargados de la empresa. Para realizar el balance de masa se trabajó con las planillas de adquisiciones y de costeo de productos, y con los datos del sistema de reciclaje.

2. Entradas

La Tabla 2 resume el consumo de materias primas para los años considerados. Son datos obtenidos directamente de los informes que la empresa entrega una vez al año al INE.

3. Salidas

La Tabla 1 resumió las salidas del proceso global de producción, y corresponde a una cuantificación de todos los productos de la empresa. Para realizar el balance de masa de materiales, se utilizaron los datos teóricos de composición de las aleaciones. Se trabajó con los siguientes datos para la obtención de los resultados de la Tabla 3:

i) Aleación de bronce fundido: 90% de chatarra de Cu y 10% de chatarra de Al.

ii) Aleación de aluminio fundido: 90% de chatarra de Al y 10% de silicio metálico.

Estas proporciones son las que utiliza la empresa para realizar las aleaciones y son referencias teóricas ya que al momento de fundir los elementos no son pesados, sino que la carga se hace manualmente, de acuerdo a la experiencia de los fundidores y del jefe de la sección de manufactura.

Sólo el cobre fundido y el aluminio fundido (que contiene el silicio) son productos del proceso de fundición. Los demás, el cobre laminado y los distintos tipos de fierro, entran al estampado. En la auditoría a la fundición se explicará cómo se estimó la variable escoria. En el siguiente punto se analiza el sistema de reciclaje de los RISES metálicos de la empresa y que permite entender los datos relativos a la escoria de la Tabla 3.

4. Sistema de reciclaje de la industria

Hay que entender que, utilizando la definición de la legislación ambiental chilena, residuo industrial sólido se refiere a todo tipo de residuo sólido que no va a ser reutilizado en la planta donde fue generado[16].

Los RISES de la empresa están compuestos por escoria producto de la fundición, virutas de distintas dimensiones y remanentes de planchas de fierro laminado.

La empresa va guardando toda la escoria y todas las virutas que aparecen en los distintos procesos, separando la que es de bronce de la de aluminio. Al final de cada año, generalmente en diciembre, se arnea por separado tanto la escoria como la viruta del bronce fundido y, la fracción más gruesa obtenida, se utiliza como carga.

En el Diagrama 2 se resume el sistema de reciclaje de la empresa (según datos históricos de la empresa). De la escoria del bronce fundido un 80% es nuevamente fundido y se obtiene un 70% de productos y un 30% de nueva escoria. Esto da que un 56% de la escoria es posible reciclarla para crear nuevos productos. El resto de la escoria (un 44%), la más fina, se trata de vender. Con la viruta del bronce fundido ocurre algo similar. El 44% de ésta es posible reciclar y el 56% restante se trata de comercializar.

De la escoria y virutas del aluminio fundido es imposible recuperar material porque al entrar al horno éstas se queman sin lograr incorporarse al fundente. El bronce laminado es recuperado en su totalidad y sirve como carga para fundir el bronce de la industria. Del fierro laminado no es posible recuperar material

para crear nuevos productos y el remanente se trata de comercializar.

Es interesante entender que "tratar de comercializar o vender" quiere decir un residuo sólido que ya no se puede reutilizar internamente. Esto ocurre, además del fierro laminado no ocupado, con todo los residuos provenientes del aluminio y con los del bronce que no se recuperaron. Todos éstos corresponden a los RISES de la industria.

Según lo planteado, de la fundición sólo es posible reciclar el bronce. Para poder entender los datos que en el precedente punto se detallaron, se analiza el caso para el año 1994 (ver Tabla 5).

Para ese año, del total de piezas producidas que pasaron por el proceso de fundición (todas las de bronce más todas las de aluminio), el aluminio se consumió un 24.4% para alearlo con el cobre y formar piezas en bronce. El 75.6% restante se utilizó para piezas exclusivamente en ese material. Con estas proporciones se puede analizar cuantitativamente el reciclaje que operó aquel año.

En 1994 hubo un consumo de 3 900 kg de aluminio. De ellos, 952 kg (el 24.4% recién explicado) se utilizó para alearlo con el cobre. El resto, 2 948 kg, se utilizó para producir piezas exclusivamente en aluminio.

Los 952 kg de aluminio (al que se le agregó silicio y se lingoteó) se alearon con los 9 024 kg de cobre para formar el bronce. Sólo de este proceso, la fusión donde se crea el bronce, es posible reciclar parte de la escoria (un 56%). Como se verá más adelante en este trabajo, se estimó que el 6% de lo que se carga al horno se transforma en escoria. Con esos datos es posible calcular los residuos del horno para cada año.

Las tablas 4, 5 y 6 resumen los análisis cuantitativos de los residuos del horno para cada año.

En los datos de la Tabla 3 tanto la escoria reciclada como la viruta reciclada están ya incluidas en la producción de cada año, pues los datos manejados son anuales y por lo tanto tienen incorporados toda la carga del año.

5. Balance de masa

La Tabla 7 muestra los resultados del balance de masa del proceso global. Corresponden a las pérdidas de los distintos elementos en los procesos de fundición y manufactura que tuvo la empresa los años considerados. Para los residuos del fierro corresponden a los remanentes de las planchas no utilizadas.

Para los análisis que se hicieron del balance de masa, se considera como porcentaje de pérdida al factor resultante de la división entre el balance de masa del elemento considerado (que es en el fondo la pérdida) dividido por la cantidad de materia prima del mismo que entra al sistema.

Para el caso del fierro se pierde aproximadamente entre un 40% y un 50% del fierro consumido. Esto, a juicio de los encargados de la empresa, representa lo que ellos esperaban. El remanente de casi la mitad de las planchas de fierro no es reutilizable.

Para el bronce laminado y el silicio se obtuvieron resultados incoherentes. No puede obtenerse un balance de masa negativo. La bibliografía consultada sobre auditorías ambientales menciona que muchas veces se obtienen balances incoherentes y aconseja revisar exhaustivamente los supuestos y las mediciones que podrían ser la fuente del error.[17] Para ambos casos se concluyó, junto a los dueños de la industria, que deben existir problemas en las planillas de adquisiciones o en las de inventario.

El balance del aluminio muestra que existe una pérdida del orden del 13% y para el cobre de un 20%. Estos resultados son bastante superiores a los esperados por los encargados de la industria, sobretodo para el caso del cobre, ya que manejaban un 5%. Se piensa que en este caso pueden haber errores en los sistemas de costeo de productos, que utiliza los pesos de cada una de las piezas que la empresa fabrica. Además, y extendiendo los problemas encontrados en los balances de masa de las otras materias primas, es bastante probable que existan problemas en las planillas de adquisiciones o en las de inventario.

Al dimensionar los RISES hay que considerar también la variable escoria no reciclada, analizada en la sección precedente. Los datos allí obtenidos se muestran resumidos en la Tabla 8.

6. Discusión al balance de masa global

Los resultados anteriores sorprendieron a los dueños de la empresa, pues según lo planteado existen pérdidas de materiales absolutamente sobredimensionadas para algunas materias primas, además de los resultados negativos para el caso del bronce laminado y del silicio.

En la actualidad Chile no cuenta con una normativa sobre residuos sólidos, por lo que no existe una norma a aplicar para este caso.[18] Sin embargo, es posible avanzar en esta materia. Como se constató en las distintas visitas realizadas, es notorio el apilamiento de RISES en el patio trasero de la industria esperando ser reutilizados o vendidos. Estos se encuentran al aire libre y sobre un terreno no impermeabilizado. Se requiere por lo tanto,

para evitar el fenómeno de percolación de los metales a las napas subterráneas,[19] que los residuos sean guardados en suelo impermeable y ojalá bajo techo.

V. AUDITORIA AMBIENTAL A LA FUNDICION

1. Descripción del proceso

La fundición es el proceso base para alrededor del 75% de la producción. El Diagrama 3 permite entender el proceso de fundición. Un tambor de parafina se encuentra a 6 m de altura del horno, y es el que provee, por gravedad, el flujo de combustible que entra al quemador del horno, donde se atomiza. Un ventilador entrega el aire necesario para crear la combustión. La llama producida entra en el horno en forma de espiral, rodeando todo el crisol, donde está contenida la carga a fundir.

La carga se hace en forma manual y sólo se funde cobre más aluminio, la aleación más usada por esta industria, y aluminio (al que se le agrega silicio) para fundir piezas en este material.

Los gases de la combustión y de la fusión debieran ser captados por una campana con chimenea. Esta actualmente opera deficientemente por el poco diámetro del ducto: debiera ocurrir un fenómeno de rebalse de gases; asimismo, el ducto tiene sólo 1.32 m de largo, lo que es insuficiente. Además está la presencia, y esto probablemente sea lo más distorsionador del actual diseño, de un ventilador vertical ubicado a 4 m a un costado del horno y cuya función es crear un flujo de aire fresco para hacer menos ardua la labor de los dos fundidores, desviando los gases de su flujo natural.

Una vez que la aleación ha alcanzado las características deseadas, se procede a realizar las coladas a las matrices de las piezas que se desean obtener. Estas matrices son enfriadas continuamente cuando están recibiendo el fundente, por medio de mangueras que crean un flujo de agua en su interior.

A lo largo de toda la jornada se va apilando en un recipiente la escoria que aparece en la superficie del horno. Finalmente se lingotea el resto de la aleación que no alcanzó a ocuparse, que quedó en el fondo del horno, y se guarda como carga para la próxima fundición.

2. Enfoque utilizado

El balance de masa está pensado para conocer las pérdidas que un proceso está teniendo en su operación. En la AA a la fundición se busca conocer cualitativa y cuantitativamente los contaminantes atmosféricos, y poder ajustarse a la normativa imperante.

El balance de masa anual del horno no se pudo realizar en forma directa para obtener la cantidad de residuos que estaban involucrados en este proceso, porque existían faltas de información sobre las salidas de materiales. Estas se suplieron con las tomas de datos pertinentes: se intentó correlacionar las variables cantidad de escoria y MP con las materias primas cargadas, y se midieron los gases de salida y su flujo. Para poder determinar las entradas al proceso de fundición se trabajó con los datos de consumo de materias primas, y son parte de los ya utilizados en el balance global del capítulo precedente.

3. Entradas

La Tabla 9 muestra el consumo de materias primas relevantes para el área de fundición.

Como dato de relevancia ambiental hay que mencionar que la chatarra de cobre y chatarra de aluminio pasan por un estricto control al ser adquiridas, porque de no tener una calidad aceptable (sin restos de otros metales o substancias extrañas como soldaduras y plástico) la fusión de los metales no se realiza en la forma esperada y la aleación deseada no es posible alcanzarla.

4. Salidas

Las salidas corresponden a:

i) productos en proceso que pasan al maquinado.
ii) escoria de la fundición.
iii) MP.
iv) gases de la fusión de los metales y de la combustión del kerosene.

Como se adelantó, no existían datos en la empresa sobre las salidas del sistema de fundición y no se pudo realizar un balance de masa anual directo. Las planillas de costeo de los productos terminados no servían para ser usados en este balance de materia, ya que las salidas de la fundición son productos en proceso y no terminados.

Esta falta de información se pensó suplir tratando de estimar la cantidad de escoria y de MP a través de mediciones (balances de masa) en el horno. Asimismo, para poder conocer los gases emitidos se realizaron mediciones en el ducto de salida. Así, las mediciones realizadas al horno pueden dividirse en dos: las que tenían por objetivo estimar la escoria y el MP y las enfocadas a medir los gases.

Las estimaciones de las variables cantidad de escoria y MP se realizaron a través de tres balances de masa realizados al horno, las que permitieron adentrarse en la operación del sistema. Sin embargo, al contrastar posteriormente los resultados obtenidos del MP con experiencias parecidas obtenidas en INTEC CHILE se constató que existían serias desviaciones. Se concluyó que la pesa a utilizar debía ser más precisa, ya que la que se utilizó no lo era.

Para analizar el MP, las empresas consultoras ambientales hacen un análisis isocinético, el que permite conocer las variables de flujo volumétrico, concentración del MP, humedad, y temperatura. Este no pudo realizarse por no existir un sistema de captación de gases y partículas efectivo.

Para analizar los gases y el flujo de éstos por el ducto se realizaron dos visitas. En la primera no se pudo muestrear los gases debido a la poca presión de éstos al interior del ducto de la chimenea, ya que el sistema de toma de muestras elegido, globos inflables al contacto de los gases, necesita una presión que los gases no tenían. En esa ocasión tampoco se pudo medir el flujo con un anonímetro porque éste operaba a temperaturas menores a la que se encontraban los gases (75°C). Se preparó, por lo tanto, una segunda visita con otros equipos: jeringas para tomar las muestras de los gases y un medidor eólico del flujo, los que sí permitieron realizar las medidas.

a) Toma de datos: balance de masa al horno de fundición

Los siguientes son los pasos a seguir para poder realizar la toma de datos del horno de fundición, enfocadas a estimar la escoria y el MP.

i) Se coordinó junto con los encargados de la empresa los tres días de las visitas. Se pidió habilitar la pesa de materias primas para poder realizar los distintos pesajes.

ii) Se explicó a los dos fundidores y al jefe del área lo que se iba a realizar.

iii) Se conversó con este último para interiorizarse de lo que se iba a fundir.

iv) Durante todo el día se procedió a pesar la carga.

v) Durante todo el día se procedió a pesar los productos que salían de las matrices.

vi) Se midió también el consumo de agua para enfriar las matrices.

vii) Al final del día se pesaron los lingotes que no fueron utilizados, y que se guardan como carga para una posterior fundición.

En la Tabla 10 se muestran los resultados obtenidos en los tres días de mediciones.

La parafina consumida se obtuvo por diferencia de altura en el tambor. El agua consumida se estimó a través de la medición del flujo con un recipiente de 20 l y un cronómetro.

Es necesario recalcar que el número de mediciones (3) no permite un grado de confianza satisfactorio. Se consultó una empresa especialista y aconsejó realizar un mínimo de 15 muestreos para que la información sea confiable.

b) Toma de datos: composición y flujo de gases

Para poder tomar la muestra de los gases se contó con la asesoría de INTEC CHILE. Se eligió utilizar como guía para la ubicación de los orificios donde se realizaría el muestreo el Método EPA 5.

Un profesor de Ingeniería Química de la Universidad de Chile, junto al autor de este trabajo, componían el grupo que realizó el muestreo. Como se adelantó, la primera visita fue infructuosa, pero en la segunda, a través de un análisis cromatográfico de los gases se pudo obtener un resultado esperado: los gases que pasan por el tubo de la chimenea y que se evacúan al exterior por este sistema corresponden casi exclusivamente a aire caliente, y no a los gases de combustión que correspondía obtener de acuerdo al combustible utilizado. El flujo de gases, medido con un medidor eólico, fue de 255 m3/h, lo cual también está distorsionado por las causas ya explicadas.

Estos resultados son debido al actual diseño de la campana y de la chimenea, y al ventilador vertical. Este diseño no permite canalizar los gases al ducto de la chimenea.

5. Análisis de los resultados obtenidos

Como se desprende de los resultados obtenidos, la diferencia entre lo cargado y lo descargado lo componen los gases y el MP que se

emitieron: en promedio 3.97 kg, durante las aproximadamente diez horas de funcionamiento. Lo cual da: 3.97 kg/10 hr = 397 gr/hr.

Para poder trabajar en mg/m3 era necesario hacer una estimación del flujo de estos gases. Lo relevante en este punto es que el flujo que entra en la campana está compuesto, aparte de los gases de la combustión y de la fusión, por parte del aire que está presente en el ambiente entre el horno y la campana, haciéndolo aumentar. Según los datos obtenidos a través de INTEC CHILE, para un horno de estas características existe un flujo, considerando lo explicitado anteriormente, de aproximadamente 700 m3/hr.

Por lo tanto, se obtiene lo siguiente:

Concentración: (397 gr/hr) / (700 m3/hr) = 0,567 gr/m3
= 567 mg/m3.

Sin embargo, al consultar a INTEC CHILE sobre lo obtenido se constataron serias desviaciones con respecto a sus experiencias. El resultado del MP, al usar una pesa con escasa precisión, era absolutamente inusual. Los datos que maneja la empresa consultada, para hornos parecidos, es de 50 gr/hr, aproximadamente ocho veces menos. Se prefirió por lo tanto utilizar tal referencia para analizar el MP del horno.

Concentración: (50 gr/hr) / (700 m3/hr) = 0,071 gr/m3
= 71 mg/m3

Sobre la estimación de la escoria, un promedio del 6% de las materias primas cargadas según los datos de la Tabla 10, no se encontraron parámetros para poder contrastarla con medidas empíricas para fundiciones de bronce en hornos de crisol, pero a juicio de expertos en el tema era un resultado coherente. La Tabla 11 muestra las estimaciones de los totales anuales de tal residuo, en base al consumo de materias primas relevantes para el horno y el factor 6%.

Con respecto a los gases de salida, las principales variables que inciden en la emisión de contaminantes son: la composición química del combustible utilizado, la tecnología empleada en la combustión (quemador), la mantención de los equipos, las condiciones de operación[20] y, cuando se funde chatarra de diversas procedencias, la calidad de la carga. Esta última requiere estar limpia, sin incrustaciones de suciedad u otros metales para que no se emitan humos tóxicos. Como se mencionó, existe un estricto control de calidad de las materias primas compradas para este efecto. Con respecto al kerosene, es relevante decir que es considerado un combustible limpio, no contaminante.

El quemador que emplea actualmente la empresa fue cambiado hace unos dos años y no presenta deficiencias. Asimismo, las condiciones de su operación son las adecuadas, según lo consultado

a los fundidores y a los dueños de la empresa. Debe ser así para que el equipo mantenga la relación aire/combustible necesaria en la operación.

6. Rediseño del sistema de captación

a) Consideraciones técnicas

Después de consultar a empresas privadas sobre el sistema de fundición de la empresa, se concluyó que éste requiere un cambio en su sistema de captación de gases, ya que en estos momentos está creando contaminación interna.

Por un lado, el ventilador vertical que provee del flujo de aire fresco a los operadores del horno debe ser eliminado del sistema. Es imposible captar gases que están siendo desviados. Una solución alternativa es conectar ventiladores pequeños, más cerca de los trabajadores pero que no apunten al cauce normal de los gases. Sin embargo se piensa que con el nuevo sistema extractor que se explicará en este punto, no van a ser necesarios estos ventiladores, ya que la captación de los gases por medio de un extractor centrífugo disminuirá la temperatura a la que están expuestos los fundidores.

Por otro lado, el diámetro del ducto debe ser aumentado a por lo menos 30 cm, como lo especifican los textos de la EPA. Asimismo, el largo debe aumentarse a lo menos a 3 m. El material elegido para tal cambio es el fierro.

Con respecto a la campana, se concluyó que ésta puede seguir operando, siempre que se baje 20 cm. Esto es factible de realizar ya que no afecta en la labor de los fundidores. Así la campana quedará a 2 m del suelo, lo que según lo consultado es suficiente.

El tipo de extracción que se requiere para poder forzar los gases es centrífugo, ya que de esta forma el motor no encara los gases que están a altas temperaturas (lo cual podría dañarlo de ser así). Para ello se requiere agregar un codo al ducto. Según lo consultado se requiere de un motor eléctrico de 3.000 RPM y 1/2 HP, y de un ventilador centrífugo para 4 m/s.

Hay un punto relevante en el diseño del ducto que merece especial atención. Se requiere que las partículas recorran el ducto en forma lineal para poder ser detectadas cuando se hagan las mediciones. Si los gases entran en forma ciclónica al ducto, ya que el ventilador los impulsará tangencialmente, sus partículas requieren recuperar un movimiento lineal. Para tal efecto es necesario incluir un sistema que permita encauzar las partículas por el ducto en forma lineal, llamado "placa vena". Este consiste en una placa en el interior del ducto (a 0.5 m de la salida del sistema centrífugo), que contiene celdas cúbicas y donde las

partículas pasan y chocan en sus paredes, retomando así su recorrido lineal.

El sistema propuesto fue aceptado por encargados del Programa de Control de Emisiones de Fuentes Fijas (PROCEFF). Se aconsejó que una vez implantado debiera hacerse un análisis isocinético. Si se presentaran problemas con el MP, se recomendó instalar un filtro de mangas.

b) Evaluación económica

Las siguientes son las inversiones a realizar para poder instalar un sistema de extracción efectivo en el sistema de fundición.

	Equipo nuevo	Mercado secundario
Motor Eléctrico: (1/2 HP, 3.000 RPM)	$ 35 000	$25 000
Ventilador centrífugo: (4 m/s)	$200 000	$45 000
Ducto 3.5 m de 0,8 mm de espesor ($ 7.000/m):	$ 24 500	$24 500
TOTAL:	$259 500	$94 500

7. Conclusiones de la auditoría ambiental de la fundición

En base a los supuestos analizados en este capítulo y a la experiencia que tiene INTEC CHILE sobre sistemas de fundición con hornos de crisol similares, la empresa estaría emitiendo alrededor de 70 mg/m3, lo cual es bastante aceptable si se compara con los 112 mg/m3 que son el parámetro que se utiliza actualmente en la capital. El supuesto tiene las siguientes consideraciones:

i) Buena calidad de la carga. La empresa es rigurosa en este sentido. Sólo cabe la duda de que la escoria reciclada en los meses de diciembre pudiera hacer aumentar notoriamente la concentración del MP.

ii) Seguir utilizando kerosene. El horno puede operar con otros combustibles. Mientras la empresa siga usando kerosene, no debieran presentarse problemas porque es un combustible limpio.

iii) Mantener correctamente el quemador. Es la variable más importante para este caso. La mantención debe hacerse periódicamente.

Con respecto al rediseño del sistema de captación, se recomienda implantarlo pues no es alto el costo y traerá beneficios sobretodo en lo que a contaminación interna se refiere. Se recomienda que una vez en operación se haga un análisis isocinético y poder así corroborar las estimaciones que se han hecho.

VI. AUDITORIA AMBIENTAL A LA GALVANOTECNIA

1. Descripción del proceso

En general, en cualquier línea donde haya un proceso de electrodeposición, los distintos baños que lo componen pueden dividirse en tres etapas: pretratamiento, tratamiento, y postratamiento.

A la etapa de pretratamiento corresponden todos los baños por los cuales pasan las piezas que se pretenden tratar antes del baño donde ocurre la electrólisis. Son baños de desengrase y de decapado. Los primeros sirven para sacar las grasas de las piezas, las que provienen del maquinado; los segundos para quitar los óxidos de las piezas. Sin estos subprocesos las piezas no podrían ser revestidas eficientemente con el metal elegido (en este caso zinc).

Muy importante son los enjuagues a que son sometidas las piezas antes de cada paso en la cadena (entre cada tina donde se utilice químicos). Es importante no arrastrar elementos químicos de una tina hacia las otras, ya que podrían empobrecer la efectividad de los procesos. El agua de los enjuagues, al escurrir por las piezas, lo impide.

La etapa de tratamiento corresponde a las tinas donde se produce la electrodeposición del metal. Pueden ser una, o varias tinas que lo hagan en paralelo, dependiendo de la cantidad de piezas a tratar.

La etapa de postratamiento corresponde a los baños que permiten a las piezas tomar las características estéticas finales, como el color. También lo compone el secado de las piezas.

Para el caso específico de la empresa auditada, se muestra el flujo del proceso de zincado en el Diagrama 4. En él se detallan los distintos baños utilizados para realizar el zincado. Existen cinco recipientes que permanentemente, al operar el taller, botan al sistema de drenaje las aguas de enjuague (en el diagrama corresponden a las tinas 2, 4, 6, 9, y 14). Estas se utilizan para

limpiar las piezas antes del próximo baño del proceso y son las aguas que producen las descarga de RILES al alcantarillado.

Los lodos son residuos producidos en los baños donde se realiza el zincado electrolítico (tina 7), los cuales son vertidos una vez al año al sistema de alcantarillado. Esta práctica no es permitida por la legislación y deben ser tratados antes de su disposición final.

En la actualidad existe un sistema de tratamiento de residuos líquidos para hacer bajar el pH. Antes de llegar a la caída al alcantarillado, el RIL pasa por una cámara de piedras de cal, el que en la actualidad está lleno en un 50% con ese elemento.

El uso del taller es esporádico, generalmente unas 12 hr/semana en promedio según los datos de la empresa. No existe equipamiento de laboratorio para poder preparar los baños en forma adecuada, sólo se cuenta con la experiencia del jefe de la sección.

A continuación se explica paso a paso el proceso de zincado actual del taller.

a) Etapa de pretratamiento

i) En la tina 1 se realiza el desengrase alcalino en caliente. Es importante que las piezas sean limpiadas en forma acuciosa de todas las grasas y aceites antes de llegar a la tina del zincado electrolítico.

ii) Se realiza el primer enjuague.

iii) Se pasa al decapado ácido, el que consiste en ácido clorhídrico diluido (cubas 8). Este tiene por finalidad desprender de las piezas los óxidos que trae.

iv) Se realiza el segundo enjuague.(tina 9).

v) El siguiente paso es el desengrase electrolítico. Está compuesto por sales de NaOH y de NaCN. (tina 3).

vi) Se realiza el tercer enjuague. (tina 4).

b) Etapa de tratamiento

i) En la tina 7 se realiza el zincado electrolítico alcalino. Están presentes en él óxidos de zinc, NaCN, y NaOH y un abrillantador. La tina 5 tiene el mismo fin pero rara vez se utiliza.

ii) Se realiza el cuarto enjuague (tina 6).

c) Etapa de postratamiento

i) Se hacen pasar a las piezas por la tina 16, para que se neutralice el cianuro de las piezas con ácido nítrico.

ii) Se realiza el quinto y último enjuague.(tina 14).

iii) Se hace pasar a las piezas por alguna de las tinas de pasivación crómica donde toman el color elegido (tinas 13, 15 o 17).

iv) Se secan las piezas ya sea en el horno de secado (11) o en el secador centrífugo (12).

2. Enfoque utilizado

Producto de las caracterizaciones realizadas, se consideró focalizar el análisis en los elementos zinc, cianuro y la variable pH, pues son los problemáticos del actual sistema. Este criterio optimiza los recursos: hacer un estudio con todas las variables a medir que pide la legislación sería muy engorroso y poco económico.

3. Entradas

Para cuantificar las entradas al proceso de zincado, se revisaron los inventarios de la empresa. En la Tabla 12 se muestra el consumo de químicos para los años considerados.

Es importante notar que estos datos representan los consumos anuales, pero que los inventarios de finales de año no consideran las materias primas que están siendo aún utilizadas en los distintos baños al 31 de diciembre de cada año, lo cual distorsiona el análisis.

4. Salidas

Las salidas del sistema de zincado corresponden a los RILES permanentes y lodos esporádicos de baños ya utilizados, además del revestimiento de los productos zincados. Los RILES fueron analizados a través de cinco muestras compuestas. El autor de este trabajo y un operario del taller de zincado, bajo la asesoría de la empresa AQUA LTDA., realizaron las distintas mediciones. Se procedió de la siguiente manera:

i) Se coordinaron las visitas con los encargados de la empresa.

ii) Se estimó, junto al jefe del taller, la cantidad de horas en que iba a operar el proceso de zincado.

iii) Se habilitó el lugar físico desde donde tomar las muestras, abriéndose la tapa del alcantarillado. Es importante muestrear en el RIL final, a la salida final del proceso y antes de caer al sistema recolector.

iv) Se eligió el número de muestras puntuales que se iban a tomar y que darían lugar a la muestra compuesta. Tomando como ejemplo la primera muestra realizada, al estimar que el proceso operaría siete horas continuas, se eligió tomar una muestra puntual cada hora.

v) Se comenzó, siguiendo el mismo ejemplo, a las 9:05. En ese momento se extrajo la muestra de 1 l.

vi) Se midió el pH y la T° de la muestra puntual obtenida.

vii) Se procedió cada una hora, hasta las 16:05, a tomar muestras puntuales, mientras se confeccionaba una tabla con los pH y T° obtenidos en cada una.

viii) Se midió el flujo de agua en la caída al alcantarillado, el que se mantuvo constante durante toda la jornada, por medio de un recipiente de 20 l y un cronómetro.

ix) Se analizó el régimen de trabajo de la bomba, para conocer el consumo de electricidad.

x) Al final del día se realizó la muestra compuesta. De cada muestra puntual se tomaron 500 ml que se juntaron en un bidón, obteniéndose la muestra compuesta. El resto del RIL de las muestras puntuales se vaciaron al alcantarillado.

xi) Se batió en forma manual la muestra compuesta hasta homogeneizar su contenido.

xii) Se llenaron los tres distintos frascos que irían al laboratorio con el contenido de la muestra compuesta, con los que se analizarían los RILES.

xiii) Se pesó el total de piezas zincadas.

5. Análisis de los resultados obtenidos

En la Tabla 13 se muestran los resultados promedios obtenidos de las muestras en comparación a la norma nacional.

La SISS explicita las variables a medir para el caso de industrias que tengan procesos de galvanoplastía.[21] Estas son: T°, pH, sólidos suspendidos, aceites y grasas, cadmio, cianuro, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, zinc, plomo, sulfatos, fenoles, y detergentes. Para el análisis de estos RILES se utilizó el criterio que a continuación se explica, como una manera de abaratar costos.

El taller de zincado puede verse como una operación unitaria en la que los elementos que entran tienen que aparecer en la salida. No se crean al interior del proceso otros elementos, y por lo tanto, si se quieren medir cualitativamente los RILES, se deben revisar aquellas variables que efectivamente entran al sistema. Las variables que no se midieron se descartaron porque no entraban al proceso. Los aceites y grasas se descartaron porque, a juicio de los expertos, era mínima la posibilidad que se sobrepasara la norma.

Por otro lado, el número de muestras compuestas realizadas (5) es considerado aceptable. Al ser un proceso por lotes, donde los baños y los tipos de piezas involucradas se pueden suponer homogéneos en el tiempo, el número de mediciones efectuadas es representativo. Esto fue avalado por la empresa que hizo los análisis y por otra especialista en tratamientos de RILES.

Como se ve en la citada tabla, las variables pH, Cianuro, y Zinc están fuera de norma en un 6%, 1486%, y 376% respectivamente.

Dentro de los químicos utilizados por la industria para el proceso de zincado, el cianuro merece especial atención pues es extremadamente peligroso. En efecto, tal producto puede llegar a volatilizarse si llega a estar presente en una solución ácida, transformándose en ácido cianhídrico, elemento sumamente tóxico.

Con los otros datos obtenidos los días en que se realizaron las mediciones (peso de las piezas zincadas, litros de agua consumida, horas de trabajo, y KW consumidos) se pudo construir la Tabla 14, como una forma de correlacionar los datos de producción, con los de consumo de energía.

6. Reciclaje, sistemas de tratamiento y disposición final de residuos

Respecto del sistema de piedras de cal en el subsuelo que fue instalado para hacer bajar el pH, una empresa especialista en tratamiento de RILES dudó de su efectividad.

Las remociones afuera de la planta corresponden a los lodos de la tina de zincado. Esto ocurre una vez al año y son en primera instancia filtrados (para obtener una solución que se recicla al

baño) y después botados a la cámara de piedras de cal. No se tienen estimaciones cuantitativas de estos lodos ni de tal reciclaje.

7. Balance de masa del cianuro y zinc

De los resultados anteriores se puede analizar el proceso de zincado desde el punto de vista de un balance de masa. Si se supone que el taller opera 12 hr en promedio a la semana, implica que opera 624 hr al año. El flujo de agua estimado en las mediciones los días en que se muestrearon los RILES, fue alrededor de 1 000 l/hr. Con este flujo, la cantidad de horas que opera al año y las concentraciones obtenidas en los muestreos se pueden estimar las salidas de las variables cianuro y zinc. La Tabla 15 muestra estos resultados.

Si se comparan los resultados anteriores con los de la Tabla 12, donde se muestran los consumos anuales, se obtienen los resultados de las tablas 16 y 17, correspondientes a los balances para el cianuro y el zinc respectivamente.

Las diferencias resultantes quedan en los lodos de las tinas de zincado y obviamente, para el caso del zinc, en el recubrimiento de los productos que salen del sistema.

8. Conclusiones de la auditoría ambiental de la galvanotecnia

La empresa actualmente no está cumpliendo con las disposiciones de la SISS porque tanto la variable pH como las concentraciones del cianuro y del zinc están fuera de norma. Se requiere por lo tanto encontrar soluciones para que éstos se encuentren en sus límites.

El taller de galvanotecnia consume alrededor de 1 000 l/hr de agua de pozo. Este es pequeño en comparación con otras galvanotecnias, pero es posible bajarlo. El agua es usada para los enjuagues que no necesariamente necesitan un recambio de agua rápido. Una medida inmediata sería la de tratar de bajar este flujo a la mitad, lo que reduciría los costos de consumo de la bomba extractora.

Con respecto a los datos que maneja la empresa, se piensa que el sistema de inventario actual del taller introduce distorsiones fuertes a la hora de realizar un balance de masa, debido a sus pequeños niveles de producción.

9. Alternativas de solución a los problemas detectados

A juicio de los expertos consultados, es imprescindible el cambio del sistema alcalino de zincado con cianuro, por uno ácido, sin este problemático químico. Además, al cambiar de sistema, se estaría subsanando el problema de la variable pH, el que bajaría, según los expertos, a los rangos que fija la ley. Sólo quedaría por tratar la variable zinc.

En el mercado existen distintas alternativas para tratar los RILES: sistemas de resinas de intercambio iónico, equipos de ósmosis inversa, equipos precipitación inversa, etc. Son múltiples y dependen del caudal del RIL a tratar y de los químicos presentes.

El equipo de intercambio iónico utiliza las fuerzas eléctricas de los iones y permite ir atrapándolos, dejando el RIL libre de metales. Por ejemplo, el catión de zinc sería atrapado por los aniones del equipo de intercambio y el RIL quedaría libre de él. Su inversión varía entre los U$10 000 y los U$20 000, con costos operacionales anuales del orden del 5% de la inversión.

Los de ósmosis inversa operan con la fuerza mecánica. El RIL es hecho pasar por una membrana con orificios pequeños y los iones metálicos quedan en ella atrapados. Tanto el monto de su inversión como sus costos operacionales son similares a los de los equipos de intercambio iónico.

Dentro de las consultas que se hicieron para tratar los RILES de la empresa auditada, se obtuvo como opinión que, dado que el régimen de evacuación es pequeño, no se justifica la compra de alguno de los equipos descritos. Existe otro método, de bastante menos valor, pero que tiene pocas experiencias empíricas en nuestro país: el uso de sistemas naturales. Estos son sistemas de regadío utilizando el RIL a tratar, con el que se puede regar distintos tipos de cultivos, desde plantas a vegetales.[22]

Se analizará este último, debido a que este sistema de tratamiento es más aplicable a este caso que el resto por los costos involucrados.

10. Evaluaciones técnico-económicas

a) Consideraciones técnicas

Para analizar el cambio al sistema ácido, se pueden detallar los siguientes puntos que son relevantes al hacer una evaluación económica:

i) La tina actual de zincado con cianuro (tina 7), se cambia por una de zincado ácido.

ii) Se cambian las soluciones de desengrase electrolítico (tina 3), ya que contienen cianuro.

iii) Se cambia la solución del decapado ácido (tina 8) por una nueva.

iv) Se mantiene la de desengrase alcalino en caliente (tina 1).

v) Se mantiene la tina neutralizadora (tina 16).

vi) Se mantienen las tinas de pasivación crómica.

Lo anterior corresponde a las recomendaciones que dieron los proveedores actuales de químicos para el taller, los cuales se mantendrían si se hiciera el cambio.

La Tabla 18 analiza en primer lugar los costos de químicos del actual diseño y la Tabla 19 los costos de químicos del sistema de zincado ácido.

El cambio considera tres componentes que no se tienen actualmente: el uso de una bomba de filtro que actúa siempre en la operación de zincado; un sistema de agitación en la misma tina, ya que la solución ácida debe estar en constante movimiento; y un calentador para el desengrase electrolítico. Asimismo, la inversión inicial debe considerar las condiciones de partida de la tina 7, cuyo detalle se muestra en la Tabla 20.

b) Evaluación económica del cambio

Al intentar hacer una evaluación económica del cambio se deben incluir todos los costos involucrados. Asimismo, y debido a que la empresa no maneja actualmente estadísticas financieras sobre el funcionamiento del sistema de zincado actual, también este escenario requirió analizarse.

Para realizar el análisis es útil hacer un poco de historia. A comienzos de esta década, cuando por fuerzas de mercado se requirió empezar a zincar las piezas ferrosas, se evaluó pobremente la inversión a realizar. El costo de zincar un kilo de piezas no se pudo determinar, según lo conversado con los encargados. Tampoco quedó claro el valor agregado de las piezas zincadas.

Se consideró que analizar los costos fijos y variables del sistema actual (y del sistema ácido propuesto) permitiría adentrarse en la problemática de la inversión a realizar. El problema de falta de información en este caso radica en el hecho que no se tiene claro el valor agregado por kilo tratado en el

taller de zincado. Sin este dato no es posible realizar un estudio económico acabado al respecto.

A continuación se detallan los costos relevantes para el sistema de zincado, para el escenario actual y el planteado.

i) Mano de obra. Actualmente en el taller trabajan dos personas. En primer lugar está el jefe del taller, quien ocupa un 50% de su tiempo dedicado exclusivamente a este proceso y el resto de su tiempo en otras labores de la industria. No trabaja todos los días de la semana. Sólo va una jornada y media: alrededor de 12 hr semanales, lo que da 624 hr al año. La otra persona es un operario que es sacado de sus labores normales y llevado a trabajar en la galvanotecnia. Ellos dos constituyen la mano de obra del taller.

Se consideró que la mitad del sueldo del jefe era parte de los costos fijos del taller, y las horas del operario trabajadas en el mismo, eran parte de los costos variables.

ii) Espacio físico. Se consideró que no existe un uso alternativo más rentable del terreno.

iii) Depreciación de activos. Actualmente los equipos de la galvanotecnia son los siguientes: tinas de baños químicos, un rectificador, una bomba de extracción para el agua de pozo, muebles e inmueble. La depreciación anual de éstos alcanza a: $56 000. El sistema ácido necesita de tres equipos que hoy no se tienen: una bomba de filtro, un calentador, y un sistema agitador. Estos hacen aumentar la depreciación en $30 990.

iv) Costo del vertido de agua de pozo al alcantarillado. No se consideró este costo porque actualmente no se está incurriendo en él.

v) Costos del consumo eléctrico. En la actualidad el costo total de electricidad de toda la industria está dado por un cobro fijo y otro variable. El cobro fijo está en base al parámetro demanda máxima y el variable por el consumo efectivo. El costo fijo, según lo calculado con los datos de consumo de toda la empresa, es aproximadamente un 67% de los costos totales.

Como era necesario conocer el costo fijo y el variable del taller, se usaron los criterios que a continuación se explican.

El costo variable es el mismo que en toda la industria: 19.1 $/kwh. Se estimó el consumo de todos los equipos del taller a lo largo del año y dio un total de $33 372/año. Asimismo, al operar el zincado ácido éste valor subiría a $47 674/año producto del consumo de los nuevos equipos.

Para conocer el costo fijo en electricidad se utilizó el siguiente dato. Cuando empezó a operar la galvanotecnia, la demanda

máxima subió de 14 kwh a 16 kwh, lo cual permite concluir que el costo fijo de electricidad en el taller de zincado, por concepto de demanda máxima y según los datos de la empresa, es de aproximadamente $109 080/año.

vi) Consumo de químicos. Los costos de químicos son parte de los costos variables. Fueron ya calculados en la sección precedente (ver tablas 18 y 19).

En la Tabla 21 se resumen todos los costos explicados. Como el punto más relevante de esta tabla hay que destacar el hecho que con el cambio tecnológico aumentan tanto los costos fijos como los costos variables del taller. En este punto cabe hacer la siguiente acotación: los costos del sistema actual no están internalizando los costos ambientales. El costo ambiental no es fácil conocerlo, y menos dividirlo en un componente fijo y otro variable.

Es interesante darse cuenta que la empresa no puede seguir operando como lo está haciendo actualmente: tiene el riesgo de ser cerrada por las autoridades sanitarias. Por lo tanto la empresa no tiene alternativa, debe cambiarse al sistema ácido.

Asimismo, actualmente la empresa tiene unos costos medios de $202.5 para los niveles actuales de producción, los que subirían a $212.5 de realizarse el proyecto. Zincar en Santiago cuesta entre $180 y $220 para un nivel de calidad como el de esta industria. Los dueños piensan que con esta comparación de costos la empresa está en un rango razonable de operación.

Es imprescindible conocer el valor agregado en el precio de los productos zincados. Este no es fácil de estimar ya que la empresa sólo tiene productos zincados (no hay productos de fierro sin zincar). Con ese dato sería posible analizar el cambio tecnológico en forma más rigurosa. Sin embargo, es posible ahondar en el análisis. Dados los niveles de producción actuales de la industria se puede encontrar el valor agregado de punto de equilibrio. Este valor equivale a definir cual sería el mínimo valor que debe tomar la variable "valor agregado", para que el taller de zincado sea rentable. En ambos casos, para el sistema actual y el ácido, este valor mínimo corresponde al costo medio del nivel de producción.

c) Tecnología de tratamiento de RILES: el sistema natural

Existen distintos tipos de sistemas de tratamiento natural: los de baja carga, los de infiltración rápida, los de riego superficial, los de terrenos pantanosos, los de plantas acuáticas superficiales, y los de acuicultura.[23] El sistema que se propone en este trabajo es el de infiltración rápida.

Este se puede describir como un sistema de riego superficial en un área que está dada por los parámetros de velocidad de

infiltración del agua, el caudal del RIL a tratar, los días al año de funcionamiento, y la velocidad de infiltración del agua en el suelo.

La superficie resultante es regada con el RIL que se pretende tratar, el que es captado posteriormente al percolar en la tierra a través de tubos PVC. Este cultivo puede encontrarse bajo tierra o sobre nivel. Se recomienda utilizar no menos de 2 m de tierra de altura para lograr una eficiencia del sistema.

Para que el agua pueda captarse al recorrer los 2 m de tierra se debe disponer una membrana impermeable en toda la superficie del sistema de tratamiento. Opcionalmente, y es lo que hace aún más interesante este tipo de proyectos, se pueden plantar diversas especies vegetales: se puede pensar en esta superficie para realizar cultivos. Los tipos factibles de especies a plantar quedan determinados primordialmente por las características de salinidad del RIL a tratar, es decir, las concentraciones de calcio, magnesio y sodio.[24]

i) Obtención de la superficie del sistema. La fórmula para obtener la superficie del sistema es la siguiente:

A = Q (m3/d) * 365 (d/año) / Lw (mm/año)

Q equivale al flujo medio diario y Lw a la Carga Hidráulica Media Anual que tiene la siguiente fórmula:

Lw = IR (mm/d) * OD (d/año) * F * 24 (hr/d)

IR es la velocidad de infiltración, OD los días de funcionamiento al año, y F es el llamado factor de aplicación. De acuerdo a lo consultado a una empresa especialista en estos temas, los siguientes son los valores a aplicar al caso de la industria auditada.

Parámetros a usar:

IR = 0.025 m/hr
OD = 365 d/año
F = 0.1
Horas/día = 24

Con estos datos es posible obtener la variable Lw.
Lw = 0.025*365*0.1*24 = 21.9 m/año

Así se obtiene la superficie a tratar:
A = 1.71*365/21.9 = 28.5 m2

Con Q igual a 1 m3/hr durante 12 hr semanales, lo que implica un promedio diario de 1.71 m3.

Por lo tanto se necesita una superficie de riego de casi 30 m2. Notar que esta área es proporcional al caudal medio anual.

ii) Análisis económico. Para poder impermeabilizar la tierra a los dos metros de profundidad se necesita de un revestimiento plástico con una superficie de alrededor 80 m2, calculado de la siguiente manera:

Area base de membrana de 5 (m ancho) * 6 (m largo)	= 30 m2
Area de los lados = 5*2*2 + 6*2*2	= 44 m2
Total área de membrana	= 74 m2

Por otro lado es necesario remover un volumen de tierra igual a: 30 m2 * 2m = 60 m3, con una máquina retroexcavadora.

El sistema de captación del RIL está compuesto por tuberías PVC. Se necesita también de una bomba para impulsar el RIL desde el taller al terreno de riego y, por último, las plantas del cultivo. Los montos estimados de los distintos componentes de la inversión a realizar son los siguientes:

	$/Unidad	TOTAL
Revestimiento (80 m2)	1 640	131 200
Remoción de tierra (60 m3)	7 500	45 000
Mano de Obra		10 000
Tuberías PVC		15 000
Bomba de 1/2 HP		30 000
Plantas		40 000
TOTAL		271 200

Los costos operacionales de este sistema de riego corresponden primordialmente al consumo de las bomba involucrada en este proyecto. Se puede notar que tanto la membrana impermeable, la remoción de tierra, el sistema de tuberías de PVC, y las plantas, dependen de la superficie de riego y por lo tanto del flujo a tratar. En resumen, este proyecto es interesante para una empresa como ésta debido a los siguientes motivos:

i) los lodos del taller de galvanotecnia son posibles de utilizar como compost en el cultivo.

ii) baja inversión con respecto a las alternativas que utilizan equipos con tecnología avanzada.

iii) posibilidad de comercializar las plantas que resulten del cultivo.

iv) los costos del proyecto están fuertemente relacionados con el caudal del RIL a tratar, lo que se traduciría en un intento de bajar este último.

VII. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTION AMBIENTAL DE LA EMPRESA

1. Antecedentes del sistema de gestión ambiental (SGA)

Los componentes de la gestión ambiental son la política ambiental (PA) de la empresa, un programa ambiental y la gestión en sentido riguroso. La PA comprende los objetivos generales y principios de acción de una empresa con respecto al medio ambiente, incluyendo el cumplimiento de todos los requisitos normativos concernientes.

El programa ambiental determina las actividades y los objetivos específicos de la empresa para alcanzar su PA y asegurar una mejor protección del ambiente en un centro productivo determinado.

El sistema de gestión ambiental en el sentido riguroso es la parte de la gestión de la empresa que comprende la estructura organizacional, las responsabilidades, los procedimientos, los procesos y los recursos para determinar y llevar a cabo la política ambiental.[25]

Al pensar en establecer un SGA que incorpore los componentes recién definidos, las empresas pueden optar por alguno de los siguientes caminos: el de la inercia o indiferencia, con el han actuado hasta ahora; el de copiar otras pautas, en general extranjeras; o bien, el de generar un camino propio.

Las dos primeras no son viables ya que, de mantenerse en el caso actual, para el caso de la primera opción, la empresa puede ser cerrada en el corto plazo. La segunda tampoco es una alternativa factible de realizar: los escenarios de las empresas extranjeras son bastante disímiles al de Chile.

La búsqueda de un camino propio surge entonces como el único camino a realizar.

2. Sistema de gestión ambiental elegido

De acuerdo a lo planteado en el punto precedente, se recomendó a la empresa definir su propio camino al implementar su SGA.

En primer lugar, se definió en conjunto con el consultor, una PA de acorde con la filosofía y cultura de la empresa. Esto es relevante para poder asegurar el éxito de cualquier política: se deben afinar los compromisos resultantes a la realidad de la empresa. La gradualidad en la aplicación de las medidas surge entonces como un criterio a considerar.

Es interesante destacar que la empresa no cuenta con especialistas en prevención de riesgos y tampoco cumple la normativa al respecto. No es dable el caso, como suele ocurrir en otras empresas en las que sí existe este tipo de especialista, de extender las atribuciones de este profesional a la protección del medio ambiente. Sin embargo, esta deficiencia puede resultar una ventaja si es aprovechada de manera adecuada, ya que se pueden integrar desde ya estas dos áreas.

Por lo tanto la PA fue creada pensando en las variables ambientales internas, en las que están involucrados el riesgo y la higiene, y externas, en las que está involucrado el entorno inmediato de la empresa.

La siguiente corresponde a la PA de la empresa.[26]

"Los siguientes criterios corresponden a los fundamentos de la PA de la empresa:

1. La Empresa incorpora la dimensión ambiental entre sus preocupaciones prioritarias, involucrando en su manejo a toda la línea decisional y operativa.

2. La Empresa da una alta prioridad a evitar impactos ambientales que atenten contra la salud de las personas y que generen deterioros de recursos naturales, buscando al mismo tiempo minimizar los costos económicos asociados.

3. La Empresa fundamenta su política ambiental en el reconocimiento que ella involucra un desafío de gestión, que incluye avances en los ámbitos de inversión, de recursos humanos, tecnológico, organizacional y administrativo.

4. La Empresa enfatiza el enfoque preventivo en su gestión ambiental y está consciente que los condicionantes técnicos y económicos de sus operaciones exigen gradualidad en la aplicación y logro de su PA.

5. La Empresa mantiene una comunicación sistemática hacia su propio personal respecto de sus objetivos ambientales y de las acciones que emprende para alcanzarlos, como una forma de asegurar la permanente vigencia de la PA.

En función de los criterios descritos la PA de la empresa se plantean los siguientes objetivos que orientan su quehacer en estas materias:

1. La Empresa será una empresa responsable con el medio ambiente y tendrá una producción limpia y eficiente en el contexto de su política de productividad y costos. Para ello buscará minimizar la generación de residuos y sus impactos contaminantes; optimizar el uso de la energía y del recurso agua; y prevenir el los riesgos ambientales de sus operaciones.

2. La Empresa cumplirá todas las normas ambientales que, de acuerdo a la ley y sus reglamentos, regulen sus operaciones. En aquellos aspectos ambientales que se estime pertinentes y para los que no exista normas, la Empresa definirá sus propios estándares compatibles con una actitud ambientalmente responsable y con sus posibilidades técnicas y económicas.

Desde la entrada en vigencia de esta PA, ningún proyecto nuevo que la Empresa emprenda por su propia cuenta o en asociación con terceros, será ejecutado sin antes haber realizado el correspondiente estudio y evaluación de sus impactos ambientales y establecido las medidas de mitigación correspondientes, debidamente pactadas con la autoridad. Se espera asimismo incorporar en todos los contratos de proveedores de servicios de la Empresa las correspondientes cláusulas de resguardo ambiental compatibles con la presente PA.

3. La Empresa establecerá y perfeccionará permanentemente el SGA dentro de su estructura organizacional, al mismo tiempo que aumentará la conciencia y capacitación ambiental de todo su personal y promoverá su compromiso con la tarea común de dar sustentabilidad a su desarrollo."

La gestión ambiental de la empresa se realizará tomando en consideración que se parte de un estado en el cual no existe ningún tipo de responsabilidades ni de procedimientos. Así, el criterio de gradualidad al que se refiere la PA, se materializa en el hecho que en este momento la empresa debe definir un responsable de las materias ambientales. Se designó, junto a los dueños de la empresa, al ingeniero de ejecución industrial para que sea el encargado de asumir las responsabilidades ambientales. En esta primera etapa de la implementación del SGA, tendrá a cargo la realización de todas las sugerencias, y que se pueden entender como el programa ambiental de la empresa, las que quedaron planteadas en este trabajo, y que se resumen en las conclusiones finales del capítulo siguiente.

VIII. CONCLUSIONES FINALES

El hecho de haber realizado este estudio en la empresa ha implicado que ella haya asumido una actitud más comprometida con la eficiencia de los procesos involucrados en la fabricación de sus productos. En efecto, durante todo el proceso que significó la realización de este trabajo, hubo una revisión de casi todos los sistemas de información de la industria.

Respecto de los RISES metálicos, la empresa habilitó un antiguo galpón con suelo impermeable donde éstos serán acumulados esperando el reciclaje o la comercialización. Se evitará así la percolación a las napas subterráneas.

Se intentará bajar el consumo de agua de pozo para los enjuagues de la galvanotecnia, a la mitad de los valores de hoy (de 1.000 l/hr a 500 l/hr). Se romperá así el prejuicio de que "mientras más enjuague mejor" que casi siempre prevalece en este tipo de talleres. Esto traerá beneficios económicos tanto en el consumo eléctrico por parte de la bomba extractora de agua, como en el costo del sistema de tratamiento de RILES, el que siempre depende de la cantidad de agua a tratar.

El cambio tecnológico del sistema actual de zincado alcalino al sistema ácido requiere de un análisis más profundo de los ingresos producto del valor agregado que tienen las piezas que pasan por este proceso. La empresa está trabajando hoy en este tema, para poder conocer si es factible o no realizar tal cambio. El sistema ácido es más delicado que el sistema alcalino. Si se implementa se requiere empezar a entender y a cuidar más los baños que lo componen (hay que controlar el pH y la temperatura de las tinas, lo que hoy no se hace). La idea factible de realizar es crear un programa de monitoreo de baños que incorpore mediciones cada cierto tiempo. Esto podría ser extensible al RIL final, independiente de si se implanta un sistema de tratamiento.

El sistema de tratamiento natural propuesto es difícil de implementar en las industrias porque se requiere de terrenos para los cultivos que estén cercanos a los talleres. En el caso de esta empresa sí se puede realizar porque cuenta con un amplio patio, a la vez que aparece como la solución más factible de realizar debido a los costos involucrados; sobretodo si se baja a la mitad el

consumo de agua en los baños: se requeriría así sólo 15 m2 de terreno lo que haría bajar las inversiones a casi el 50%.

Se implantará la solución propuesta del sistema de extracción del horno de fundición. Se subsanará así la problemática de la contaminación interna, mejorándose la calidad del aire al que están hoy expuestos los operarios. Una vez que la empresa instale el sistema de captación de los gases de la combustión, es necesario realizar el análisis isocinético para poder conocer científicamente las variables involucradas en el proceso de fundición.

Es interesante plantear que la empresa debe, en base al presente estudio y enmarcado dentro de su SGA, realizar periódicamente (por ejemplo, una vez al año) auditorías ambientales, donde se propongan objetivos cada vez mayores para lograr una mejora continua de sus impactos ambientales. Los costos involucrados no son una barrera y los resultados, como se demostró, muchas veces involucran variados aspectos que pueden ser beneficiosos para la gestión global.

La metodología ha quedado bien planteada y puede ser usada posteriormente por esta empresa, o cualquier otra con características similares, porque incorpora los aspectos más importantes al evaluar la problemática de los residuos de una empresa metalmecánica.

Notas

1. United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Río de Janeiro, junio 1992.

2. Schmidheiny, S., Cambiando el Rumbo, Fondo de Cultura Económica, México, 1992.

3. International Chamber of Commerce (ICC), The ICC Guide to Effective Environmental Auditing, ICC Publication No. 483, Paris, 1991.

4. Schmidheiny, S., op.cit.

5. Una interesante discusión sobre los alcances que ha tenido la AA en distintas empresas a lo largo del mundo, se encuentra en UNEP/IEO, Environmental Auditing, Report of a United Nations Environmental Programme/Industry and Environmental (UNEP/IEO) Workshop, UNEP, Sales No. 90.III.D.1, Paris, 1990.

6. Rehbinder, E., "La auditoría ambiental y la transparencia de las empresas", CEPAL, LC/R.1572, 2 de agosto de 1995.

7. Corvalán, R., "Auditoría Ambiental", Curso de Postítulo en Contaminación Ambiental, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, 1996.

8. UNEP/IEO, op.cit.

9. Otero, F., "La Gestión Ambiental de Residuos", CEPAL, DDR/006-TA, preparado para el Taller Regional sobre el Libro-Síntesis del Proyecto "Políticas para la gestión ambientalmente adecuada de residuos sólidos urbanos e industriales", agosto de 1996.

10. PNUMA, ONUDI, Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes, PNUMA, Sales No. 91-III-D6, 1991.

11. WHO, Offset Pub. No. 62.

12. Un análisis comparativo de ambos métodos se encuentra en Poch, Pablo, "Ventajas y desventajas de los métodos Winvent e Invent para estimar cuantificaciones de residuos por industria", CEPAL, LC/R.1374, 19 de enero de 1994.

13. El caso que se analiza en este documento se encuentra en extenso en Boisier, Hervé, Auditoría Ambiental a Empresa Metalmecánica, Memoria de Título, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile, noviembre de 1996.

14. Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas A.G. (ASIMET), Guía de la Industria, Santiago de Chile, 1992.

15. Friedmann, C., "Minimización en la Generación de Residuos en Base a la Aplicación de Tecnologías Limpias", CEPAL, DDR/007-TA, 2 de agosto de 1996.

16. La normativa aludida corresponde a la Resolución 5081 del Ministerio de Salud.

17. PNUMA/ONUDI, op.cit.

18. Existe sólo un borrador del reglamento de residuos sólidos del Ministerio de Salud.

19. No existe normativa al respecto en estos momentos en Chile. La práctica de evitar la percolación a las napas subterráneas se enmarca dentro del criterio preventivo.

20. Pontificia Universidad Católica, "Contaminación Atmosférica y Combustión: Fundamentos y Tecnología", proyecto financiado por FONDEF y elaborado por el Sr. Juan de Dios Rivera, agosto 1994.

21. Se hace referencia a la "Norma Técnica Relativa a Descargas de Residuos Industriales Liquidos" de octubre de 1992 y a la "Minuta Técnica: Campaña Caracterización de Residuos Industriales Líquidos" de la Superintendencia de Servicios Sanitarios, ambas actualmente sintetizadas en la "Nch 2280-1996 Residuos Industriales Líquidos-Descarga a Servicios Públicos de Recolección de Aguas Servidas" del mismo organismo.

22. Respecto de este tema se consultaron dos fuentes. La primera corresponde a Metcalf & Eddy, Inc., Ingeniería de Aguas Residuales, Macgraw-Hill/Interamericana de España, S.A., 1995. La otra es Pescod, M.B., Wastewater Treatment and Use in Agriculture , Irrigation and Drainage Paper N°47, FAO, Roma, 1992.

23. Metcalf & Eddy, Inc., op.cit.

24. Pescod, M.B., op.cit.

25. Rehbinder, E., op.cit.

26. La política ambiental de la empresa está inspirada en la Política Ambiental Corporativa de CODELCO, de donde se sacaron los puntos esenciales a considerar.

ANEXO 1

LA LEGISLACION AMBIENTAL EUROPEA

El 29 de junio de 1993, el Consejo de las Comunidades Europeas adoptó el reglamento que unifica los criterios de las naciones miembros para enfrentar la problemática ambiental.[27]

Con ese documento se crea un sistema de acreditación al que las empresas pueden ingresar voluntariamente y donde se registran sólo las que cumplen con las condiciones que el reglamento estipula. El papel de la AA es de gran importancia dentro de dicho reglamento, el que, a juicio del autor de este trabajo, tiene una gran organicidad y resuelve problemas de fondo, como lo es el hecho de promover una mejora continua del comportamiento ambiental de las empresas.

En el reglamento aludido queda claro el papel de las industrias para encauzarse en el desarrollo sustentable: por un lado son éstas las que deben contaminar menos y usar los recursos en forma más racional, y por otro, son las que producen el desarrollo económico. El sistema de acreditación que introduce este cuerpo legal, induce a las empresas a poner en práctica sistemas, objetivos y programas medioambientales.

Se incorpora la recomendación de que las empresas deberían incluir procedimientos de AA, para ayudar a la dirección a evaluar los resultados del sistema en el cumplimiento de su política medioambiental. Asimismo, se plantea la necesidad de hacer pública las informaciones sobre el comportamiento ambiental de las empresas. Y, como punto de su suma relevancia, fomenta la participación voluntaria en el programa de acreditación.

Si una industria quiere ingresar al sistema de acreditación, debe, en primer lugar adoptar una política ambiental. Esto significa que debe crearse sus propios objetivos y principios con respecto a su actuación medioambiental. Punto seguido debe proceder a una evaluación medioambiental de su empresa: necesita conocer el impacto que está causando en el entorno.

Debe después crear un programa para el cumplimiento de los objetivos propuestos y además, formalizar una gestión ambiental al interior de la empresa. A continuación la empresa debe realizar auditorías ambientales a sus centros productivos y, con la información que de ellas emanen, fijar objetivos al nivel más alto que corresponda en la empresa para mejorar el impacto en el medio ambiente.

En este punto, dado el caso, se puede adaptar el programa para poder conseguir así los objetivos propuestos. Notar que la AA tiene

la importancia de retroalimentar las decisiones tomadas anteriormente en materias ambientales e ir entregando la información relevante para alcanzar las mejoras continuas. Después de cada AA se deben hacer declaraciones ambientales, las que serán de público conocimiento. Este punto es relevante: una transparencia de las actividades ambientales hacia los sectores del público en general. El paso siguiente es hacer que se revisen por el verificador medioambiental, ente que hace el papel de fiscalizador, el programa medioambiental, la declaración medioambiental, la AA y el sistema de gestión medioambiental, con miras a quedar inscritos en los registros del "Sistema de Ecogestión y Ecoauditoría".

El reglamento descrito es un sistema que pretende lograr que las empresas desarrollen compromisos medibles en materias ambientales. A juicio del autor de este trabajo, tiene una organicidad basada en lo siguiente:

i) El sistema de acreditación es voluntario, el mismo mercado, después, se encargará de unificar los comportamientos de las industrias.

ii) La AA, concepto clave en el sistema descrito, es un procedimiento efectivo para retroalimentar las medidas adoptadas.

iii) Hay transparencia: la información que emana de las declaraciones medioambientales es accesible al público.

iv) Fomenta la participación, a través de ayudas técnicas, incorporando a la pequeña y mediana empresa.

ANEXO 2

LAS NORMAS ISO 14.000

La International Organization for Standarization (ISO) es una federación internacional de cuerpos normalizadores de los países miembros. El trabajo de preparar normas estándares a nivel internacional es llevado a cabo por comités técnicos en los que cada miembro interesado puede participar. El Instituto Nacional de Normalización (INN) es el encargado de representar a nuestro país.

Las empresas u organizaciones que operan bajo los estándares de una determinada norma pueden certificarlo y registrarse en las listas respectivas. En el caso que se analizará, la familia de normas ISO 14.000, la certificación acredita que las empresas registradas operan con los estándares de Sistemas de Administración Ambiental eficientes.

La familia de las normas ISO 14.000 operan en un contexto específico: mejorar el comportamiento ambiental de las empresas, sin importar la procedencia, el tamaño y el estado de madurez de éstas. Esta familia de normas provee los estándares y las guías para la aplicación de los SGA en empresas interesadas en obtener la certificación correspondiente. A continuación se describen estas normas:

i) ISO 14 000. Es una descripción de los pasos a seguir para la creación de un SGA. Se parte con un compromiso de la empresa de mejorar el manejo que está teniendo con respecto al medio ambiente. En ese compromiso queda explícita la política de la empresa en estas materias, en otras palabras se crea una misión ambiental que debe ser conocida por toda la organización, en especial por sus altas esferas, y que debe estar acorde a la problemática ambiental actual de la empresa.

El SGA debe estar diseñado tomando en cuenta estas políticas, que en forma práctica se resumen en objetivos y planes de acción a seguir. Este diseño debe incluir una serie de requerimientos, tanto humanos como físicos, para asegurar el éxito de la operación del sistema. Asimismo, como el SGA debe operar en un contexto donde existen otros sistemas de administración, su diseño debe tomar en cuenta la armonización e integración con los otros sistemas de administración de la empresa. Además, el SGA debe tener los adecuados canales de comunicación, tanto interno como externos; los primeros para medir, monitorear y evaluar el comportamiento ambiental y los segundos para cumplir con los requerimientos legales y la comunicación externa que la empresa emprenda.

Un punto importante dentro de lo descrito es con respecto a la evaluación de los SGA. La AA es el instrumento adecuado para medir si el SGA está cumpliendo con los objetivos y planes de acción

tomados, como queda explicitado en la norma ISO 14.010, ISO 14.011.1 e ISO 14.012. Una empresa debe considerar revisar y desarrollar su SGA para poder mejorar continuamente su comportamiento con el medio ambiente.

ii) ISO 14 001. Norma que entrega los principios que sustentan la implantación de los SGA. Contiene los elementos necesarios a ser auditados para la certificación y para otras declaraciones que la empresa quiera realizar. Está estrechamente relacionada con la norma ISO 14.000.

iii) ISO 14 010. Norma enfocada a proveer los principios para la realización de todo tipo de auditorías ambientales. Entrega los objetivos que se deben seguir, indicaciones sobre la importancia de la objetividad, independencia y competencia del equipo auditor, comentarios sobre la relación cliente-auditor; etc.

iv) ISO 14 011. Guía para la realización de AA exclusivamente a los SGA, descritos en la ISO 14.000.

v) ISO 14 012. Norma que entrega los criterios para la calificación de los auditores ambientales.

No cabe duda que las normas ISO 14.000 tienen una gran convergencia con el Reglamento de las comunidades europeas. Esto se debe a que en la promulgación de las normas ISO, Europa tiene un fuerte peso dentro de los comités técnicos encargados de la creación de los estándares.

ANEXO 3

D I A G R A M A S

DIAGRAMA 1: FLUJO DE MATERIALES Y RESIDUOS DE LAS OO.UU.

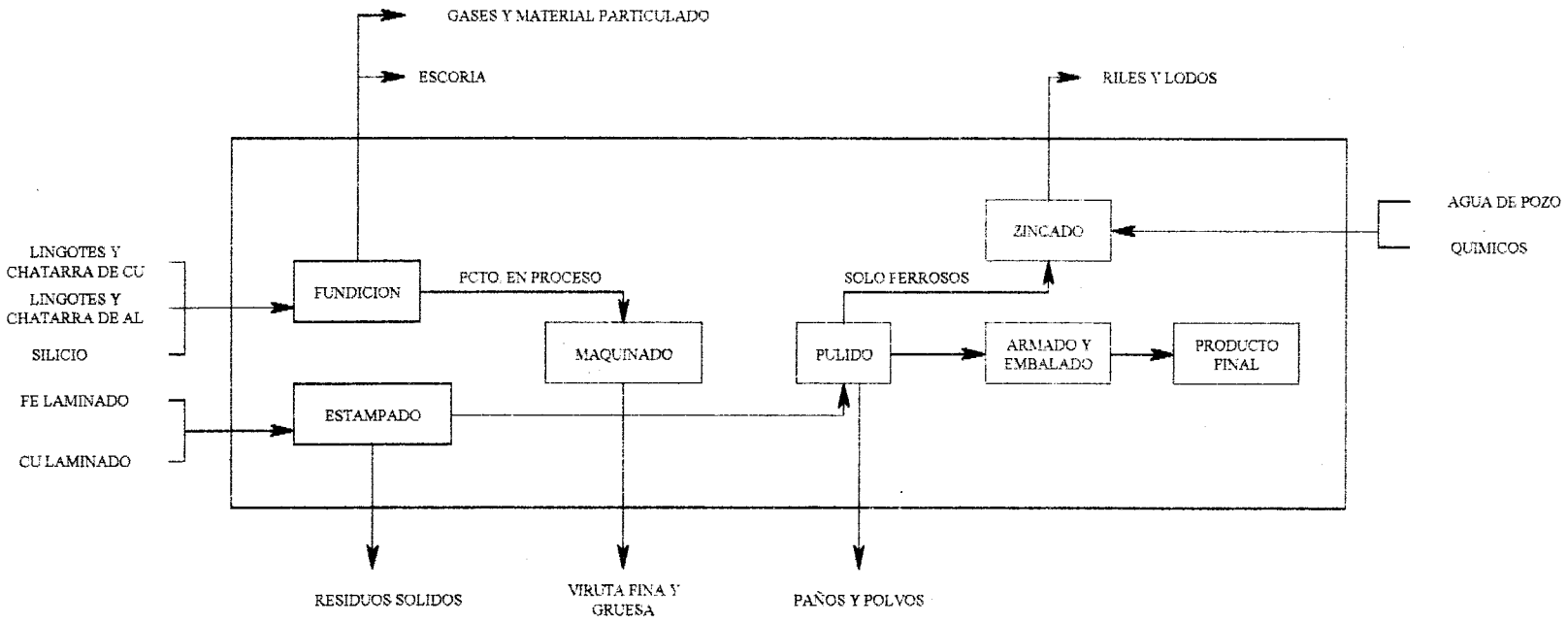


DIAGRAMA 2: RECICLAJE DEL BRONCE EN LA INDUSTRIA

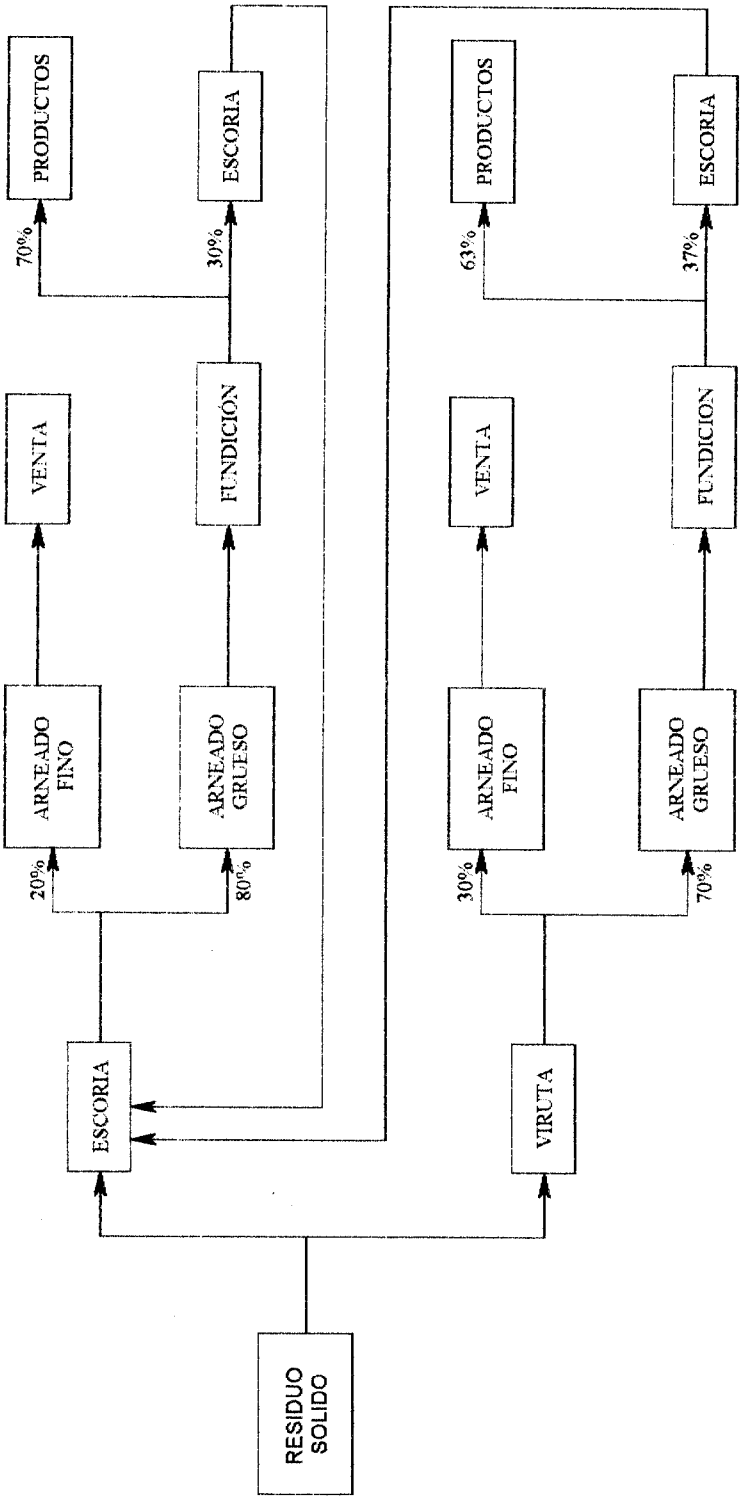
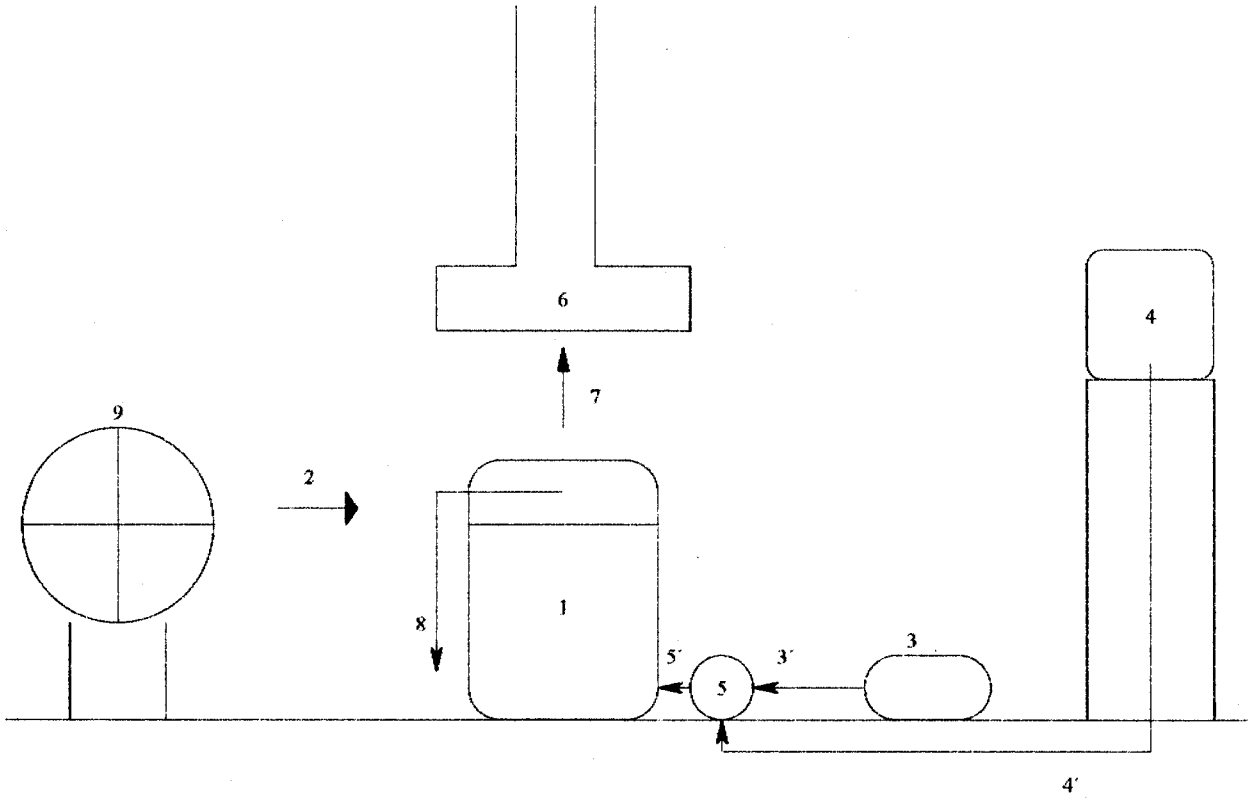
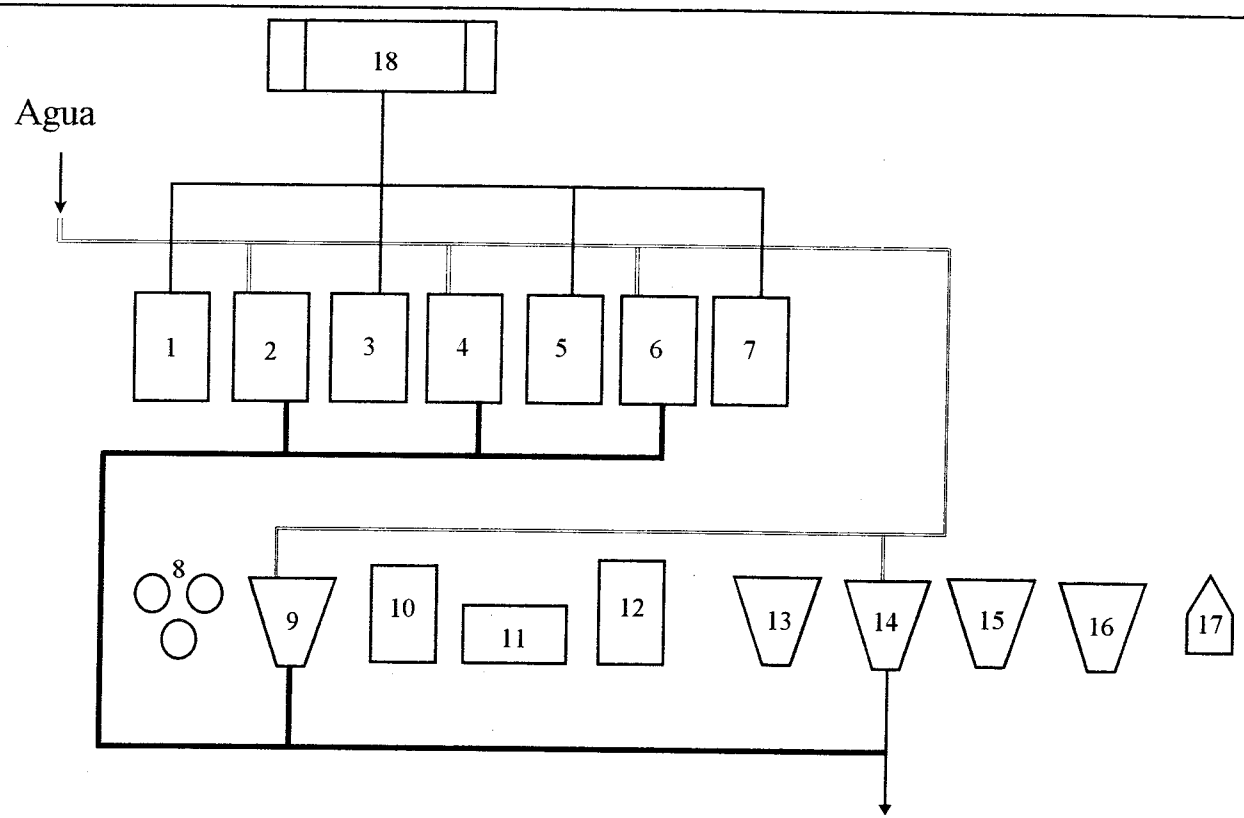


DIAGRAMA 3: SISTEMA DE FUNDICION



1.- HORNO TIPO MORGAN 120 KGS.
2.- CARGA (COBRE, ALUMINIO, SILICIO)
3.- COMPRESOR DE AIRE
3'.-FLUJO DE AIRE
4.- TAMBOR DE PARAFINA
4'.-FLUJO DE PARAFINA
5.- QUEMADOR
5'.-LLAMA DE LA COMBUSTION
6.- CAMPANA CON CHIMENEA
7.- GASES DE LA COMBUSTION
8.- ESCORIA
9.- VENTILADOR

DIAGRAMA 4: FLUJO DEL PROCESO DE ZINCADO



1 : DESENGRASE ALCALINO EN CALIENTE
2 : ENJUAGUE EN FRIO
3 : DESENGRASE ELECTROLITICO
4 : ENJUAGUE EN FRIO
5 : TINA DE ZINCADO ELECTROLITICO
6 : ENJUAGUE EN FRIO
7 : TINA DE ZINCADO ELECTROLITICO
8 : DECAPADO ACIDO
9 : ENJUAGUE EN FRIO
10 : TINA DE DECAPADO
11 : HORNO DE SECADO PARA PIEZAS ZINCADAS ESTATICAS
12 : SECADOR CENTRIFUGO PARA MINUTERIA
13 : PASIVACION CROMICA COLOR BLANCO
14 : ENJUAGUE EN FRIO
15 : PASIVACION CROMICA TIPO BRONCE
16 : ABRILLANTADOR Y NEUTRALIZADOR
17 : PASIVACION CROMICA TIPO NEUTRO
18 : RECTIFICADOR, 300 A, 12 V.

NOMENCLATURA : CANALETA DE DESAGUE — CORRIENTE ELECTRICA PROVISION DE AGUA

ANEXO 4

T A B L A S

TABLA N° 1: PRODUCCION DE LA INDUSTRIA (EN KG)

Tipos de productos	1993	1994	1995
Productos en bronce fundido	8 559	7 837	7 453
Productos en aluminio fundido	3 137	2 693	2 597
Productos en bronce estampado	215	283	263
Productos en fierro estampado	3 346	3 187	3 128
Total	15 257	14 001	13 441

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 2: CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS GLOBAL (EN KG)

Materia prima	1993	1994	1995
Lingotes de cobre y chatarra	10 425	9 024	8 680
Bronce laminado	159	73	61
Lingotes de aluminio y chatarra	3 879	3 900	3 793
Fierro	6 744	5 297	5 134
Silicio metálico	682	453	235
Total	21 889	18 747	17 903

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 3: SALIDAS DEL PROCESO GLOBAL POR TIPO DE METAL (EN KG)

Tipo de metal o residuo	1993	1994	1995
Cobre	7 703	7 053	6 708
Escoria del cobre	303	266	255
Bronce laminado	215	283	263
Aluminio	3 679	3 208	3 082
Escoria del aluminio	210	197	183
Fierro	3 346	3 187	3 128
Silicio	314	269	260
Total	15 770	14 463	13 879

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N°4: ANALISIS CUANTITATIVO DE LOS RESIDUOS DEL HORNO PARA 1993 (EN KG)

Metal	Carga	Escoria en bruto (6% carga)	Escoria reciclada (56% de bronce)	Residuo sólido final
Cobre	10 425			
Aluminio para piezas en bronce	902			
Silicio para aluminio	159			
Total bronce	11 486	689	386	303
Aluminio para piezas en aluminio	2 977			
Silicio para aluminio	523			
Total aluminio	3 500	210	0	210
Total residuos		899	386	513

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada y estimaciones del consultor.

TABLA N° 5: ANALISIS CUANTITATIVO DE LOS RESIDUOS DEL HORNO PARA 1994 (EN KG)

Metal	Carga	Escoria en bruto (6% carga)	Escoria reciclada (56% de bronce)	Residuo sólido final
Cobre	9 024			
Aluminio para piezas en bronce	952			
Silicio para aluminio	111			
Total bronce	10 087	605	339	266
Aluminio para piezas en aluminio	2 948			
Silicio para aluminio	342			
Total aluminio	3 290	197	0	197
Total residuos		802	339	463

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada y estimaciones del consultor.

TABLA N° 6: ANALISIS CUANTITATIVO DE LOS RESIDUOS DEL HORNO PARA 1995 (EN KG)

Metal	Carga	Escoria en bruto (6% carga)	Escoria reciclada (56% de bronce)	Residuo sólido final
Cobre	8 680			
Aluminio para piezas en bronce	917			
Silicio para aluminio	57			
Total bronce	9 654	579	324	255
Aluminio para piezas en aluminio	2 876			
Silicio para aluminio	178			
Total aluminio	3 054	183	0	183
Total residuos		762	324	438

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada y estimaciones del consultor.

TABLA N° 7: BALANCE DE MASA GLOBAL (EN KG)

Metal	1993	1994	1995
Cobre	2 419	1 705	1 707
Bronce laminado	-56	-210	-194
Aluminio	-10	495	528
Fierro	3 398	2 110	2 006
Silicio	368	184	-25

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 8: ANALISIS CUANTITATIVO DE LA ESCORIA NO RECICLADA (EN KG)

Tipo de escoria	1993	1994	1995
De la fundición de bronce	303	266	255
De la fundición de aluminio	210	197	183
Total	513	463	438

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 9: CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS DE LA FUNDICION (EN KG)

Metal	1993	1994	1995
Lingotes de cobre y chatarra	10 425	9 024	8 680
Lingotes de aluminio y chatarra	3 879	3 900	3 793
Silicio	682	453	235
Total	14 986	13 377	12 708

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 10: RESULTADOS DE LOS BALANCES DE MASA AL HORNO DE LA FUNDICION (EN KG)

Variable medida	Día N°1	Día N°2	Día N°3
Total cargado	285.8	259.4	274.6
Total descargado	281.5	255.5	270.9
Escoria	18.8	15.1	16.2
MP	4.3	3.9	3.7
Parafina consumida (l)	103.4	96.8	99
Agua consumida (l)	1 024	968	993

Fuente: Mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 11: ESTIMACIONES DE LA ESCORIA TOTAL DEL HORNO DE FUNDICION (EN KG)

Escoria	1993	1994	1995
Total escoria	899	803	763

Fuente: Estimaciones de mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 12: CONSUMO ANUAL DE QUIMICOS EN EL TALLER DE GALVANOTECNIA (EN KG)

Químicos	1993	1994	1995
Cianuro de Sodio	14	15	12
Oxido de Zinc	6	5	4
Lingotes de Zinc	28	14.5	41

Fuente: Datos proporcionados por la empresa auditada.

TABLA N° 13: RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO DE RILES

Variable	Unidad	Promedio	Norma
pH		9.54	5.5-9
Temperatura	°C	15.33	35
Sólidos suspendidos	mg/l	48	300
Cianuro	mg/l CN	15.86	1
Sulfatos	mg/l SO4	102	600
Cromo Total	mg/l Cr	0.10	0.5
Zinc	mg/l Zn	23.8	5
Detergentes	mg/l SAAM-LAS	0.80	2

Fuente: Laboratorio AQUA LTDA. y "Norma técnica relativa a descargas al sistema de alcantarillado" de la SISS.

TABLA N° 14: CORRELACION DE LA PRODUCCION V/S AGUA, ENERGIA Y HORAS DE TRABAJO

Muestra N°	Kg zincados	L Agua consumida	Kwh consumidos	Hr de trabajo
1	46.8	7 056	4.6	7
2	15.3	4 200	2.8	4
3	31.6	5 220	3.4	5
4	120	7 056	4.6	7
5	43.4	3 915	4.6	3.5
Correlación	Var. Indep.	68%	70%	67%

Fuente: Estimaciones de mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 15: ESTIMACION DEL CIANURO Y EL ZINC EN EL RIL FINAL

Químicos	Concentración (mg/l)	Cantidad evacuada (kg/año)
Cianuro	15.86	9.9
Zinc	23.80	14.9

Fuente: Estimaciones de mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 16: BALANCE DE MASA DEL CIANURO

Cianuro	1993	1994	1995
Entrada	14	15	12
Salida (teórica)	9.9	9.9	9.9
Balance	4.1	5.1	2.1

Fuente: Datos de la empresa y estimaciones de mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 17: BALANCE DE MASA DEL ZINC

Zinc	1993	1994	1995
Entrada	34	19.5	45
Salida (teórica)	14.9	14.9	14.9
Balance	19.1	4.6	30.1

Fuente: Datos de la empresa y estimaciones de mediciones en terreno efectuadas por el consultor.

TABLA N° 18: COSTOS OPERACIONALES ACTUALES DE QUIMICOS

Químicos	Kg	L	$/Unidad	Costo anual
Tina N°1				
Desengrase alcalino	4		930	3 720
Tina N°3				
Soda cáustica	16		315	5 040
Cianuro de sodio	4		1 300	5 200
Tina N°7				
Oxido de zinc	4		800	3 200
Cianuro de sodio	16		1 300	20 800
Soda cáustica	32		315	10 080
Abrillantador	2		1 300	2 600
Tina N°8				
Acido clorhídrico		40	280	11 200
Tina 16				
Acido nítrico		1.5	760	1 140
Tina N°13				
Cromo	0.6		1 470	882
Acido nítrico		0.4	760	304
Tina N°15				
(Igual a tina N°13)				1 186
Tina N°17				
(Igual a tina N°13)				1 186
Anodos de zinc	28		645	18 060
Subtotal				84 598
+18%				15 228
Total				99 826

Fuente: Datos entregados por la empresa auditada y su proveedora de químicos.

TABLA N° 19: COSTOS OPERACIONALES DE QUIMICOS DEL SISTEMA ACIDO

Químicos	Kg	L	$/Unidad	Costo anual
Tina N°1				
Desengrase alcalino	30		930	27 900
Tina N°3				
Climax F1	15		750	11 250
Tina N°7				
Cloruro de potasio	4.8		440	2 112
Acido bórico		1.2	460	552
Colsid Na II básico		1	1 900	1 900
Colsid NA II mantención		2.8	1 700	4 760
Tina N°8				
Decapante climax		10	450	4 500
Tina 16				
Acido nítrico		1.5	760	1 140
Tina N°13				
Cromo	0.6		1 470	882
Acido nítrico		0.4	760	304
Tina N°15				
(Igual a tina N°13)				1 186
Tina N°17				
(Igual a Tina N°13)				1 186
Anodos de zinc	28		645	18 060
Subtotal				75 732
+18%				13 632
Total				89 364

Fuente: Datos entregados por la empresa auditada y su proveedora de químicos.

TABLA N° 20: DETALLE DE LOS QUIMICOS DE LA TINA N°7 AL INICIO

Químicos	Kg	L	$/Unidad	Costo anual
Cloruro de zinc	10.5		2 500	26 250
Cloruro de potasio	31.1		440	13 684
Acido bórico	5.1		460	2 346
Colsid NA II básico		6	1 900	11 400
Colsid NA II mantención		0.3	1 700	510
Aditivo HCD	0.33		6 400	2 112
Total				56 302

Fuente: Datos entregados por la empresa auditada y su proveedora de químicos.

TABLA N° 21: RESUMEN DE COSTOS PARA EL SISTEMA ACTUAL Y EL CAMBIO AL SISTEMA ACIDO

	COSTOS TOTALES		FIJOS		VARIABLES	
Costo	Actual	Cambio	Actual	Cambio	Actual	Cambio
MO C	225 000	225 000	225 000	225 000		
MO no C	185 796	185 796			53.1	53.1
DEP ACT	56 000	86 990	56 000	86 990		
CF EL	109 080	109 080	109 080	109 080		
CONS EL	33 372	47 674			9.5	13.6
Químicos	99 826	89 364			28.9	25.5
Total	709 074	743 904	390 080	421 070	91.1	92.2

Fuente: Datos proporcionados por la empresa y su proveedora de químicos.

MO C: Mano de obra calificada
MO no C: Mano de obra no calificada
DEP ACT: Depreciación de activos
CF EL: Costos fijos de electricidad
CONS EL: Consumo eléctrico