



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

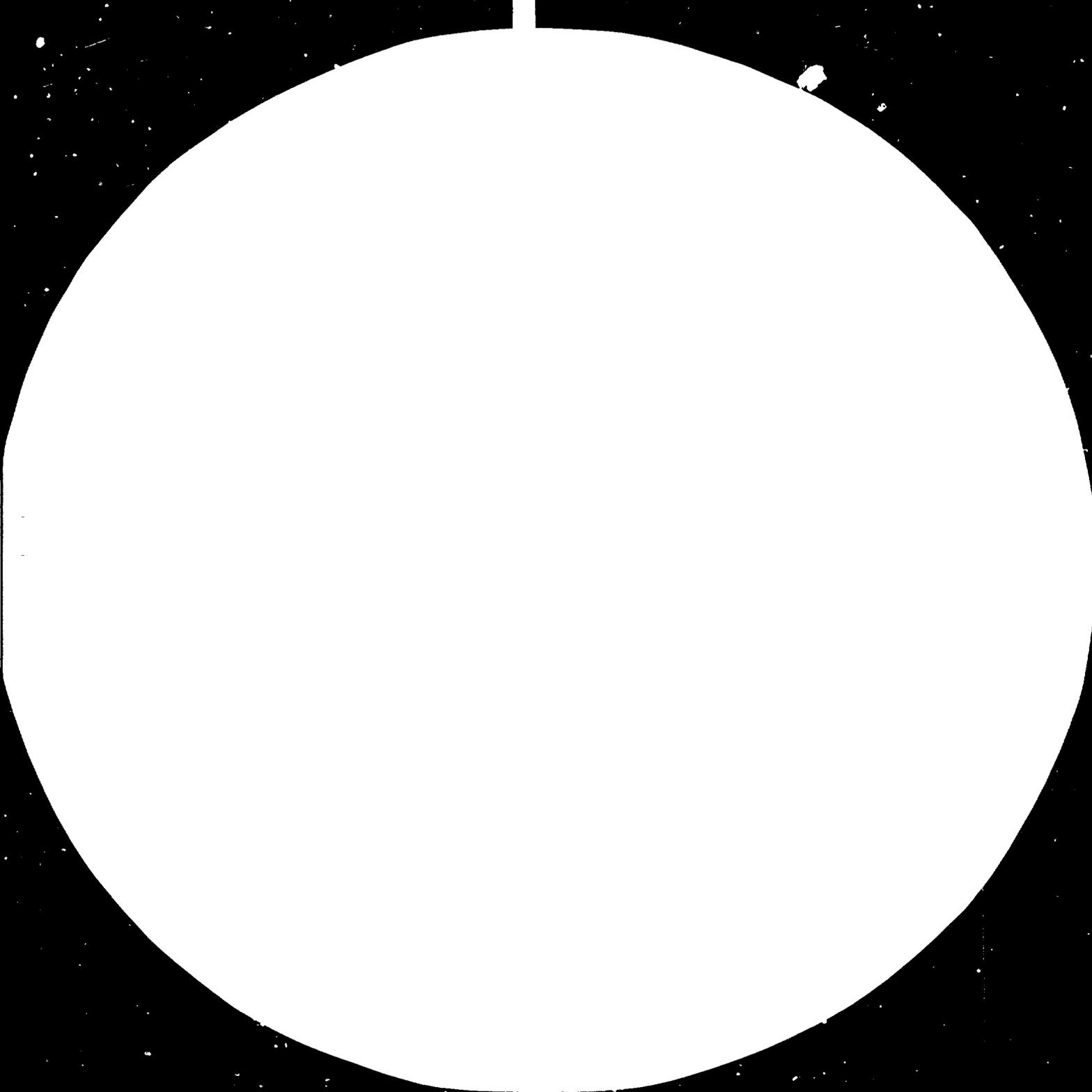
FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org





32

36

40



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS

GAITHERSBURG, MARYLAND 20899

APR 1963 EDITION TEST CHART NO. 2



13551-S

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Distr. LIMITADA

ID/WG.411/10
22 marzo 1984

ESPAÑOL/INGLES
Original: INGLES

Tercera Consulta sobre la Industria
del Cuero y los Productos del Cuero
Innsbruck (Austria), 16 - 20 abril de 1984

ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO
SOBRE MEDIDAS PARA MITIGAR EL EFECTO DE LA INDUSTRIA DEL CUERO
PARA EL MEDIO AMBIENTE, PARTICULARMENTE EN LOS PAISES EN DESARROLLO*

preparado por
David Winters**
Consultor de la ONUDI

* Las opiniones que el autor expresa en este documento no reflejan necesariamente las de la secretaria de la ONUDI. El presente documento es la traducción de un texto que no ha pasado por los servicios de edición de la secretaria de la ONUDI.

** Hove, Sussex, Inglaterra.

V.87-89921 (EX)

INDICE

		<u>Página</u>
<u>CAPITULO I</u>	<u>RESUMEN E INTRODUCCION</u>	1
	A RESUMEN	1
	B INTRODUCCION	2
	C OBJETIVOS	3
	D LIMITACIONES	4
<u>CAPITULO II</u>	<u>TECNOLOGIA TRADICIONAL DE LA CURTIDURIA, DESECHOS DE CURTIDURIA, CONTAMINACION</u>	7
	A TECNOLOGIA TRADICIONAL DE LA CURTIDURIA	7
	B DESECHOS DE CURTIDURIA Y CONTAMINANTES	16
<u>CAPITULO III</u>	<u>PROCESOS DE CURTIDO MEJORES PARA EL MEDIO AMBIENTE</u>	32
	A ESTRATEGIA	32
	B TECNOLOGIA DE LA CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS	34
	C ENCALADO Y DEPILADO	41
	D CURTIDO AL CROMO	49
	E CURTIDO VEGETAL	68
	F COSTOS DE INTRODUCCION DEL RECICLAJE Y OTRAS TECNOLOGIAS	72
<u>CAPITULO IV</u>	<u>TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE CURTIDURIA</u>	73
	A INTRODUCCION	73
	B TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO	76
	C TRATAMIENTO SECUNDARIO	99
<u>ANEXO I</u>	A CANTIDADES DE CONTAMINACION POR TONELADA DE MATERIA BRUTA (PESC SALADO)	109
<u>ANEXO I</u>	B POSIBLE COMPOSICION DE UN EFLUENTE DE CURTIDURIA TIPICO "AMBIENTALMENTE INSANO"	110
<u>ANEXO II</u>	ESQUEMA DE UN PROCESO TIPICO "TECNOLOGIA SEMITRADICIONAL"	111
<u>ANEXO III</u>	GLOSARIO	115

<u>ANEXO IV</u>	INSTALACIONES Y EQUIPOS DISPONIBLES PARA PROYECTOS DE TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE CURTIDURIA	117
<u>SECCION I</u>	<u>INTRODUCCION</u>	
	A Alcance y limitaciones	117
	B Especificaciones y precios	118
<u>SECCION II</u>	<u>PRODUCTOS DISPONIBLES</u>	
	A Tamices	119
	B Bombas - Efluente	124
	C Bombas - Cieno	126
	D Bombas - Dosificación	129
	E Aireadores sumergidos	130
	F Aireadores	132
	G Dispositivos de burbuja de aire/difusores	134
	H Compresores de aire	138
	I Reguladores de nivel	139
	J Reguladores de pH	141
	K Medidores de caudal	143
	L Agitadores	144
	M Flocculadores	146
	N Sedimentadores	146
	O Rotores de fosa de oxidación	149
	P Distribuidores de biofiltro	151
	Q Filtración biológica (percolación) - Materiales de relleno	152
	R Unidades de flotación	153
	S Filtros-prensa	155
	T prensas de correa	158
	U Centrífugas	159
	V Unidades de reciclado de cromo	160
	W Unidades de reciclado de cal	161
<u>SECCION III</u>	A <u>Indice de productos y proveedores</u>	162
	B <u>Direcciones de proveedores</u>	164
	REFERENCIAS	174

Nota:

El cuerpo de este documento se preparó en 1982. Sin embargo, el "Equipo Disponible" y sus precios, que figuran en el Anexo IV, se compilaron en enero de 1984.

INDICE

<u>FIGURAS:</u>		<u>Página</u>
<u>Fig. I</u>	Esquema simplificado del diagrama de circulación de una tecnología típica de curtiduría	8
<u>Fig. II</u>	Necesidades de dilución de los desechos de curtiduría para la protección de varios usos beneficiosos del agua receptora	31
<u>Fig. III</u>	Algunos sistemas de reciclado de agua A. B. C. D.	39
<u>Fig. IV</u>	Requisito básico de los sistemas de reciclaje	41
<u>Fig. V</u>	Reciclaje del cromo	58
<u>Fig. VI</u>	Reciclaje del cromo al baño "piclaje"	61
<u>Fig. VII</u>	Concentración de sales durante el reciclado del licor de cromo	62
<u>Fig. VIII</u>	Disposición esquemática para la precipitación-recuperación simplificada del cromo	65
<u>Fig. IX</u>	Sistema de curtición de suelas "sin efluente"	70
<u>Fig. X</u>	Esquema de una torre de oxidación catalítica (difusores)	79
<u>Fig. XI</u>	Oxidación catalítica (aireador sumergido)	81
<u>Fig. XII</u>	Precipitación del cromo/efluente exento de cromo	84
<u>Fig. XIII</u>	Alzado del tanque de sedimentación de caudal horizontal	90
<u>Fig. XIV</u>	Tanque de sedimentación de flujo vertical	91
<u>Fig. XV</u>	Esquema típico de construcción de los lechos desecadores de cieno	96
<u>Fig. XVI</u>	Diagrama esquemático de caudal del tratamiento físicoquímico del efluente	98
<u>Fig. XVII</u>	Zanja de Pasveer	102
<u>Fig. XVIII</u>	Representación esquemática del caudal en una laguna facultativa aireada	107

CAPITULO I
RESUMEN E INTRODUCCION

A RESUMEN

En este estudio, basado en consultas bibliográficas y en visitas sobre el terreno, se examina brevemente la tecnología tradicional de la curtiduría y se describen los posibles efectos para el medio ambiente de las descargas sólidas y líquidas como resultado del funcionamiento típico de una curtiduría. Se saca la conclusión de que dos componentes específicos del efluente de curtiduría, el sulfuro y el cromo, junto con una gran carga orgánica, caracterizan dicho efluente y justifican la deplorable imagen ambiental que tiene la descarga de la industria.

Se propone la introducción de tecnologías de fabricación mejores para disminuir el efecto ambiental de las descargas del efluente y minimizar la necesidad del tratamiento final del efluente. Se describen posibles métodos para reducir el consumo de agua, pero se llega a la conclusión de que el beneficio económico de esas técnicas puede ser dudoso, a menos que se combine con otras medidas. Se dan detalles de varios procesos de reciclaje comprobados en la práctica, que reducirían considerablemente las concentraciones de sulfuro y de cromo en los desechos de curtiduría y acarrearían importantes beneficios económicos gracias al ahorro de productos químicos.

Respecto de las circunstancias en las que la reducción de los contaminantes, debida a la aplicación de una tecnología mejor no produciría todavía un nivel de descarga aceptable, se dan detalles sobre medios físicoquímicos relativamente sencillos, normalizados y de bajo costo para tratar el efluente de curtiduría a fin de separar hasta el 95% de los sólidos en suspensión y el 70% de la carga orgánica, representada por su demanda bioquímica de oxígeno (D.B.O.₅). Se considera que en la mayor parte de las circunstancias imperantes en los países en desarrollo, ese tratamiento aportaría una norma satisfactoria respecto de la descarga de efluente de curtiduría en los cursos de agua superficiales.

Aunque en el estudio se expresan algunas reservas sobre la instalación y el funcionamiento de los sistemas biológicos de

tratamiento secundario en los países en desarrollo, excepto cuando se dispone de una gran experiencia en supervisión y operaciones, se examina una instalación de tratamiento secundario que emplea una "fosa de oxidación", y se llega a la conclusión de que esa instalación puede ser el sistema más robusto de tratamiento biológico actualmente disponible y podría emplearse en los países en desarrollo para disminuir aún más la concentración de contaminantes en los efluentes cuando el método físicoquímico descrito anteriormente no alcanza los niveles de purificación exigidos por las circunstancias locales.

B INTRODUCCION

Desde tiempo inmemorial, la curtiduría y las industrias conexas tienen fama de ser fuentes importantes de contaminación ambiental, transportada tanto por el agua como por el aire. En reconocimiento de ese estigma industrial, y a raíz del compromiso adquirido por las Naciones Unidas en esa esfera, puesto de relieve por la Conferencia de Estocolmo sobre el Medio Humano, celebrada en 1972, la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, conjuntamente con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente preparó en 1974 un estudio titulado: "Consideraciones ambientales en la industria de producción del cuero".⁽¹⁾ * Ese estudio tuvo carácter "fundamental y de inventario", y en él se trataba de examinar todos los aspectos de la situación, junto con esbozos de las posibles acciones para mitigarla.

Con el paso del tiempo, desde que se realizó el estudio antedicho, la industria de la curtiduría ha dedicado, en muchas partes del mundo, grandes esfuerzos a mitigar ese efecto negativo sobre el medio ambiente y, se ha ampliado la labor de investigación en esta esfera, con resultados que se han comprobado con frecuencia a nivel operacional de curtiduría.

El creciente reconocimiento de los aspectos ambientales de la industria ha suscitado una preocupación cada vez mayor de las autoridades gubernamentales de muchos países en desarrollo por

* Véase la referencia en la página 174.

la contaminación ambiental debida a la industria, y se ha concentrado en los medios y en el grado en que podría reducirse esa contaminación y evaluarse su efecto económico. En muchos países en desarrollo se han adoptado o propuesto rigurosas medidas de control del efluente de curtiduría, que con frecuencia simulan las normas de descarga establecidas en los países desarrollados. Esto ha producido consternación entre los curtidores, que no pueden obtener orientaciones sobre cuál de los numerosos sistemas descritos en los documentos de investigación o promovidos por intereses comerciales resultaría más eficaz.

Así, a fin de superar esa situación y de actualizar y reorientar el estudio anterior, se pidió al consultor que preparase un estudio completo "... que esbozara estrategias y tecnologías para reducir la degradación ambiental, conservar los recursos hídricos y al mismo tiempo reducir al mínimo la carga para la industria productora de cuero a fin de permitir el desarrollo controlado de este sector industrial particular que tiene considerable importancia para cierto número de países en desarrollo dotados de recursos de materias primas adecuadas para esa industria".

C OBJETIVOS

Los principales objetivos inmediatos son:

- resumir los conocimientos disponibles en este sector específico y actualizar la tecnología especializada para incluir una variedad de nuevos procesos y técnicas de tratamiento del efluente de curtiduría;
- describir, con el mayor detalle posible, tecnologías de tratamiento y elaboración del efluente que sean adecuadas para los países en desarrollo, así como las consecuencias técnicoeconómicas correspondientes;
- ayudar a la planificación gubernamental en este sector;
- ofrecer a los empresarios y a los promotores de los países en desarrollo orientaciones con respecto a todos los aspectos, tanto técnicos como financieros,

de mejorar el efecto sobre el medio ambiente en las nuevas curtidurías y en las ya existentes.

El estudio no trata de ofrecer ningún nuevo proceso o teoría, sino que más bien, basado en la bibliografía, las visitas y la experiencia personal, es un intento de analizar y simplificar la situación actual. El documento está dirigido primordialmente a los países en desarrollo que sólo tienen una experiencia limitada en esta esfera. Se espera que el material presentado, ayudará en la selección de las tecnologías apropiadas.

Se considera que en la mayor parte de las situaciones, sea a nivel de curtiduría, de distrito o nacional, deberían formarse "grupos de mitigación ambiental", integrados por técnicos y químicos de curtidurías e ingenieros civiles y químicos, además de representantes de las autoridades locales. Esos grupos analizarían la tecnología actual y todos los factores pertinentes utilizando este documento básico y, si fuera necesario, obtendrían los documentos de referencia citados para profundizar los conocimientos disponibles.

Un objetivo importante de este documento es resumir las posibilidades existentes, en una forma aceptable para los técnicos que trabajan en las curtidurías y que no tienen acceso a las revistas pertinentes en este sector.

Como este documento se dirige a una gran variedad de personal: administraciones de recursos hídricos y de salud, funcionarios de planificación y empresarios, además de ingenieros, técnicos de curtidurías y otros, en algunos aspectos es necesario tratar del tema a varios niveles.

D. LIMITACIONES

Cabe señalar algunas de las principales limitaciones del presente estudio:

1. Dada la gran extensión del tema y las limitaciones de espacio del documento, es evidente que sólo puede describirse un número reducido de posibilidades. En general, el consultor, que ha visitado en los últimos años más de 100 instalaciones de

tratamiento de efluentes de curtiduría, ha intentado detallar únicamente los sistemas que ya se ha advertido que funcionan bien en las condiciones aplicables a los países en desarrollo, u otros sistemas que han recibido el reconocimiento universal con respecto a su fiabilidad operacional. Sin embargo, a fin de ayudar a quienes desean investigar o instalar otros sistemas, se dan referencias, que permiten obtener fácilmente más datos.

2. En algunos sectores, tanto de la tecnología de la curtiduría como del tratamiento de efluentes, las autoridades en la materia mantienen opiniones divergentes. El consultor sugiere que esta falta de experiencia uniforme puede deberse a la falta de uniformidad de la tecnología de la curtiduría y de los efluentes, al empleo de equipo y de instalaciones no normalizado, así como a variaciones en las condiciones ambientales. En atención a esas circunstancias, el consultor no pretende pontificar.

3. Dada la gran divergencia en los tipos de cueros producidos en las curtidurías, en las tecnologías empleadas y en el medio ambiente al que se descargará finalmente el efluente, puede aceptarse que en general, el consultor se refiere a una curtiduría media típica, que produce un efluente similar al descrito en los Anexos IA y B. El consumo tradicional de agua en las curtidurías ha superado en el pasado considerablemente los 50 litros por kilogramo de piel húmeda salada (litros/kg). La tecnología moderna podría dar consumos inferiores a 15 litros/kg. Sin embargo, para los fines del estudio se supone un consumo nominal en el proceso de 30 litros/kg, como media realista, que podría dar un consumo total de agua de 45 litros/kg.

4. En general, el consultor, al aceptar la imposibilidad de proponer tecnologías y especificaciones definitivas, cree que, una vez comprendido el fundamento de las opciones, debería facultarse a un grupo competente para que prepare las especificaciones de cualquier plan necesario, ya sea una alteración del proceso para minimizar la contaminación (adopción de una "tecnología mejor para el medio ambiente"), o el

establecimiento de la necesaria instalación de tratamiento del efluente.

5. Este documento está dirigido a los países en desarrollo, que se suelen caracterizar por la reducida disponibilidad de personal técnico y de control experimentado, así como por limitaciones relativas a la disponibilidad de servicios de mantenimiento y de piezas de repuesto. Consciente de esta situación, el consultor no propone ni detalla instalaciones sumamente complejas ni controladas automáticamente. A ese respecto, cabe señalar que el autor ha examinado personalmente muy de cerca varias grandes instalaciones de tratamiento completamente automatizadas en Africa (cada una con un costo superior a dos millones de dólares en instalación/construcción), que no eran operacionales debido a la falta de personal competente de supervisión (agravada por la deficiencia o la ausencia de manuales operacionales). Aunque estas unidades automatizadas complejas, son adecuadas en los países desarrollados, es posible que no se consideren "tecnología apropiada" cuando se instalen. Cabe también señalar que algunos países en desarrollo tienen industrias del cuero plenamente desarrolladas, con abundancia de personal técnico calificado y pueden, dentro del sector del cuero, considerarse como "países de reciente industrialización" (parte de América Latina y el subcontinente indio). El presente documento no está dirigido a esas zonas, pues se considera que tienen suficientes conocimientos técnicos en esta esfera para analizar las experiencias de los demás y extraer sus propias conclusiones.

6. En el documento se describen tecnologías adecuadas para curtidorías industriales y semiindustriales que producen unos 50 metros³ o más de efluente al día, y no está dirigido a los modestos curtidores rurales cuya producción típica puede ser solamente de 1 a 5 metros³/día y para los cuales no puede recomendarse ninguna tecnología distinta del uso de lagunas.

CAPITULO II

TECNOLOGIA TRADICIONAL DE LA CURTIDURIA. DESECHOS DE CURTIDURIA. CONTAMINACION

A TECNOLOGIA TRADICIONAL DE LA CURTIDURIA

1. INTRODUCCION

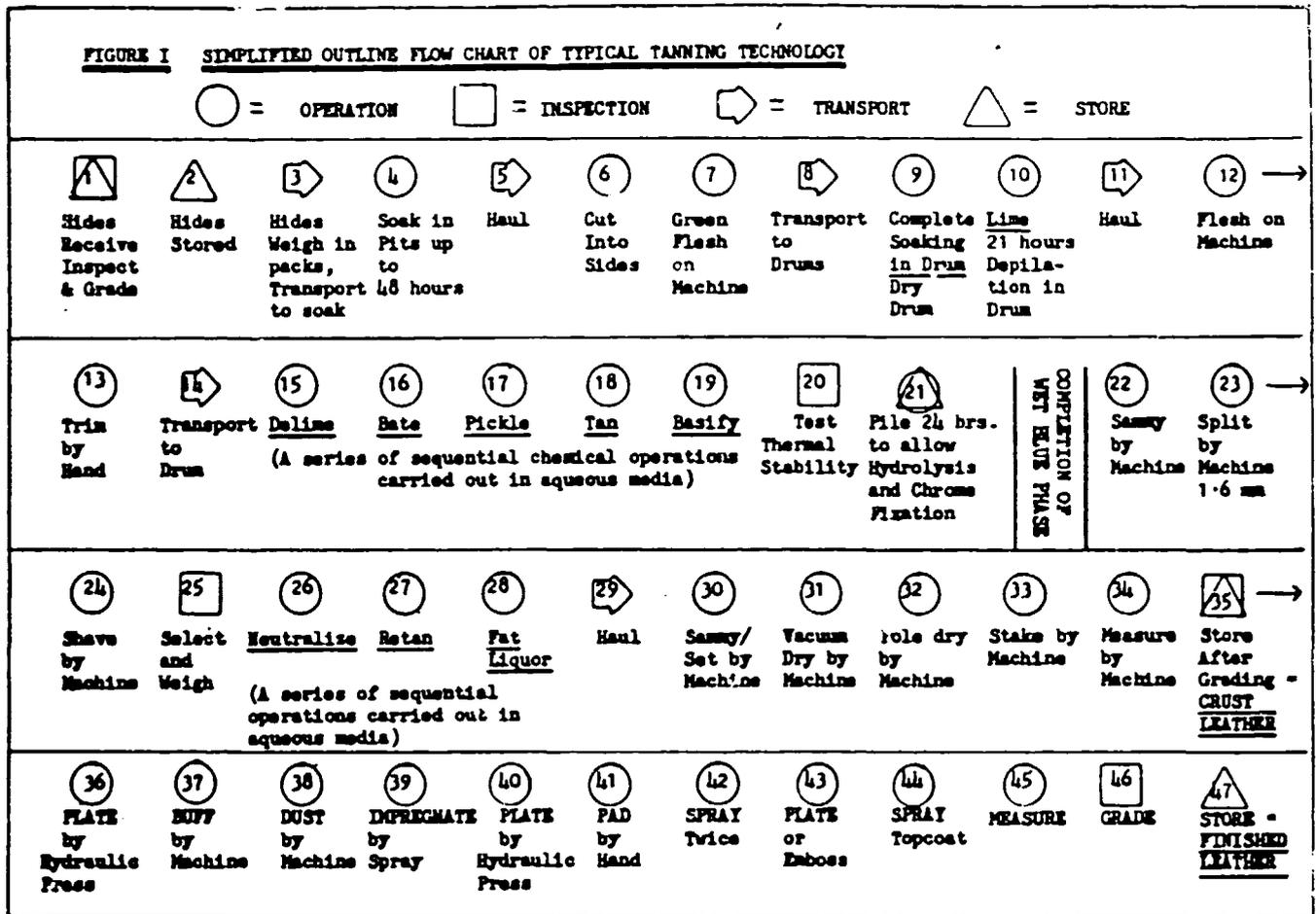
Debe reconocerse que la elaboración del cuero, incluso en los países altamente desarrollados, sigue siendo todavía en gran parte un arte industrial en el que los administradores y los técnicos de la curtiduría emplean sus propios procesos personales. Análogamente, la instalación y el equipo varían de una curtiduría a otra, lo mismo que la capacidad de producción y el producto final. En consecuencia, aunque exista alguna similitud básica no puede haber ningún proceso universal definitivo ni siquiera "básico" de curtición.

Dadas estas variaciones de la tecnología utilizada, no es infrecuente encontrar variaciones en detalles particulares; así, el consumo de agua puede variar entre < 20 litros/kg de cuero y > 100 l/kg, y, en consecuencia, los efluentes de esos procesos pueden variar también ampliamente en su concentración de contaminantes. Por tanto, en este documento se deben presentar directrices y estrategias que necesitan adaptaciones a las diversas circunstancias locales. Para los que no están familiarizados con la tecnología de las curtidurías, este capítulo contiene una breve exposición de la tecnología típica del cuero.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

Además de las variaciones debidas a la elección personal de la tecnología, existen mayores divergencias tecnológicas debidas a la necesidad de satisfacer las características exigidas al producto final. Aunque algunas secuencias principales pueden ser paralelas, determinados cueros especiales pueden necesitar tecnologías individuales (por ejemplo, el curtido al aceite para la gamuza). Sin embargo, los cueros curtidos al cromo para palas de zapatos siguen siendo todavía el principal producto de la curtiduría, y su fabricación será el proceso básico general al que nos referiremos en este documento. La Fig. I, representa un diagrama de circulación típico simplificado de las

FIGURA I
ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL DIAGRAMA DE CIRCULACION DE UNA
TECNOLOGIA TIPICA DE CURTIDURIA



principales actividades de la curtiduría en el que puede verse el gran número de procesos que intervienen durante la producción de un cuero básico. La producción por lotes sigue siendo el sistema básico empleado. El tamaño de un lote está determinado normalmente por la capacidad de los recipientes de tratamiento húmedo, usualmente "bombos" (grandes recipientes cilíndricos de madera, cuyo tamaño varía de 1 a 5 m de altura y anchura, con capacidades que oscilan entre unos pocos kilos y 20 toneladas métricas o más, que giran entre 2 y 12 r.p.m. según el proceso). Las instalaciones más recientes pueden haber sustituido esos recipientes de madera por unidades de acero y fibra de vidrio, y a veces se emplean procesadores inclinados (parecidos a las grandes mezcladoras de hormigón). Para las pieles de ternera o de pequeños rumiantes pueden emplearse cubas de paletas (recipientes semicilíndricos horizontales abiertos por

el extremo, con paletas giratorias de madera). Sin embargo, estos otros recipientes de procesamiento no afectan radicalmente por sí mismos a la tecnología empleada, pero cabe señalar que los recipientes de procesamiento más modernos suelen permitir un consumo menor de agua (con el aumento consiguiente en la concentración de contaminantes), mientras que las "cubas de paletas" consumen grandes cantidades de agua (con el efecto contrario sobre la concentración de contaminantes) (véanse los Capítulos III y IV).

El Anexo II presenta un "esquema de un proceso típico" con aportes de productos químicos, que desde el punto de vista de un curtidor puede haber sido considerado "moderno", alrededor de 1970, pero que hoy día puede considerarse "nocivo para el medio ambiente".

3. PRINCIPALES SECUENCIAS DE PROCESOS

La elección de los productos químicos que hayan de utilizarse es interminable y debajo de cada subsección puede encontrarse una nota de algunos posibles agentes empleados (individualmente o en mezcla). Las cantidades en porcentaje se refieren al peso del cuero o la piel con excepción de las soluciones.

a) Curado de cueros y pieles

En la mayor parte de los países desarrollados, los cueros y las pieles, después del desuello, se curan ligeramente con sal en los mataderos o en los centros locales de recogida de cueros. La producción es relativamente regular y se dispone de supervisión técnica; los cueros y las pieles entran luego en los conductos comerciales y son transportados, por lo general a distancias relativamente cortas, hasta las curtidurías para su elaboración.

En cambio, en muchos países en desarrollo la mayor parte de los animales son sacrificados en una aldea rural. La producción de cueros y pieles suele tener un volumen pequeño e irregular, determinado por las condiciones estacionales y, dadas estas circunstancias, sólo puede disponerse de una supervisión mínima en el lugar de curado. Con las altas temperaturas

ambientes que suelen darse, el curado no es sencillo. Se aplica sal, cuando se dispone de ella, y después se dejan secar las pieles (salado en seco); sólo en algunos países latinoamericanos en desarrollo se realiza eficazmente el curado con sal, es decir, "el salado en húmedo", en el cual la piel se sumerge y se satura en una solución de salmuera. Por desgracia, muchos países en desarrollo son deficientes en suministros baratos de sal y, en consecuencia, el curado se realiza por secado (en condiciones y con grados de secado variables). Salvo que este secado esté bien controlado, puede producirse una degradación de los cueros y las pieles. El principal inconveniente del "secado" es que el curtidor debe ulteriormente tratar de invertir el proceso (rehidratar) durante el remojo (empleando grandes volúmenes de agua). El curado suele incluir el tratamiento con insecticidas, en cantidades diminutas para prevenir el ataque de los coleópteros y otros insectos durante el almacenamiento y el transporte,

(posiblemente: Pyrethem, p-diclorobenceno, D.D.T., hexacloruro de benceno, silicofloruro de sodio, soluciones de óxido arsenioso (0,15%), dieldrina emulsionada 0,075% y otros).

b) Remojo

El remojo, que puede realizarse en una fosa, una cuba de paletas o un bombo (o una combinación de esos elementos) tiene por objeto rehidratar la piel e invertir el proceso de curado. La duración máxima es de 48 horas, según el grado y el tipo de curado y la temperatura ambiente. También pueden separarse la suciedad, la sangre y el estiércol.

(0,2 a 2,0 g por litro de licor de hidróxido sodico, sulfuro o sulfito.

Un máximo de 1 g/l de hipoclorito sódico o 0,5 a 2,0 g/l de agentes humectantes, emulsificantes, agentes tensoactivos o preparados enzimáticos).

c) Encalado

Este proceso utilizaba tradicionalmente grandes cantidades de cal mezclada con sulfuro sódico para desprender la lana y el pelo, o disolverlos formando una pulpa; además el proceso abre la estructura fibrosa e "hincha" el cuero. La duración del proceso puede variar de 18 horas (bombo) a siete días (fosas).

Con las pieles cuyo pelo o lana es potencialmente de gran valor, el depilado puede efectuarse "pintando" el lado de la carne del cuero o la piel con una mezcla de cal o caolín más sulfuro sódico. Después del apilado durante algunas horas, las raíces de los pelos pueden ser atacadas y la lana separarse sin estar gravemente contaminada por productos químicos. Sin embargo, este proceso "salvador del pelo" necesita un encalado ulterior (tratamiento alcalino, a ser posible exento de sulfuro), para realizar los ajustes necesarios en la estructura de la fibra.

Los cueros y las pieles pueden dividirse en estado encalado, lo que da un cuero "granulado" de sustancia uniforme; este aserraje en estado encalado permite un tratamiento ulterior más económico y rápido pero, debido a su dificultad técnica, este proceso se realiza a menudo después del curtido.

(2 a 10% de hidróxido cálcico (cal)
+1 a 4% de sulfuro sódico, sulhidrato sódico

A veces, pequeñas cantidades de amoniaco, sosa cáustica y sulfato de dimetilamina.

Ultimamente, también se ha hallado un empleo limitado para los preparados enzimáticos).

d) Descarnado

Es la separación física de los tejidos adiposos del lado de la carne del cuero (las descarnaduras resultantes son difíciles de manejar debido a su condición mucoide y a la presencia inevitable de grandes volúmenes de agua procedentes de la máquina).

e) Desencalado

Es la separación de la cal del cuero (no siempre completada en todo el espesor del cuero).

Un copioso lavado (en bombo, en cuba de paletas, etc.) va seguido de un tratamiento con productos químicos neutralizantes. Tradicionalmente, los lavados se hacían con grandes volúmenes de agua, utilizando una válvula de toma de agua que se dejaba abierta durante un período determinado (algo

ineficiente pues la descarga de agua no era constante ni se media) (véase el Capítulo III).

(Ácidos, 0,5 a 2,0%, sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico (a veces mezclas), sales ácidas, cloruro o sulfato amónico, bisulfito sódico)

f) Macerado

Es un proceso enzimático que tiene un pronunciado efecto sobre el grano del cuero o de la piel, así como sobre el comportamiento general y el estirado de las pieles resultantes. Se puede realizar actuando sobre la red de elastina del grano, la proteína degradada (parcialmente atacada durante el encalado) y los músculos erectores de los pelos. El tratamiento enzimático acuoso actual que emplea el 0,5% de material de maceración con una duración de 1/2 a 12 horas en bomo o cubas de paletas ha sustituido al proceso secular que consistía en un tratamiento con canina o palomina.

(El propio "material de macerado" suele componerse de:

- ± 50% de serrín u otro vector
- ± 30% de agente desencalante (cloruro amónico)
1 a 5% de enzima pancreático)

g) Piclaie

Es un ajuste del pH de la piel, que la esteriliza, termina la acción del macerado y permite la penetración del material curtiente antes de su fijación ulterior.

(5 a 10% de sal común (cloruro sódico) o sulfato sódico
0,6 a 1,5% de ácido (sulfúrico, clorhídrico, acético o fórmico,
o sus mezclas)

Si es posible 0,01% de fungicida: paranitrofenol o beta-naftol).

h) Curtido (Véase el glosario - Anexo III)

El proceso de curtido convierte el colágeno, que es el principal componente del cuero, en una sustancia imputrescible; además, el curtido imparte el "tacto" necesario y las características químicas y físicas al cuero.

i) Cromo. La mayor parte de los cueros se curten hoy día al cromo en bombos durante 4 a 24 horas, empleando:

(8 a 12% de sal curtiente de cromo (complejos hidratados de sulfato de cromo trivalente básico) (22 a 25% de Cr_2O_3)
1,0% de bicarbonato sódico (agente alcalinizante para ajustar el pH)
0,1 a 0,5% de agente enmascarante - formiato sódico, ftalato o sales de ácidos dicarboxílicos
0,1% de fungicida si el producto va a almacenarse o transportarse en estado húmedo).

ii) Curtido vegetal. Ha sido eclipsado por el cromo como principal material de curtido. Sin embargo, se emplea todavía para suelas y guarnicionería y algunos cueros especiales.

1 día (en bombo) - 6 semanas (en fosa)

(Empleando 15 a 30% de extracto curtiente comercial [corteza o madera del árbol, extraída con agua y luego desecada por pulverización o concentrada]).

iii) Sintanos. Se emplean cada vez más como sustancias auxiliares conjuntamente con cromo o con taninos vegetales o pueden emplearse como principales agentes curtientes para determinados cueros especiales.

(Puede emplearse del 1 al 25% de sintano, según su función; estos materiales son típicamente productos sulfonados del fenol, el cresol y el naftaleno condensados o resinas).

iv) También se dispone de una gran variedad de otros materiales curtientes para utilizarlos como materiales curtientes primarios o como auxiliares con el cromo, curtientes vegetales u otros, pero todavía el volumen empleado es pequeño y rara vez se ha señalado que tengan un efecto importante en los efluentes de curtiduría; entre ellos se incluyen:

(Sales de circonio, formaldehído (gamuza), aceite de bacalao (gamuza), glutaraldehído)

i) Actividad posterior al curtido

Después del curtido se completan ciertas operaciones físicas encaminadas en general a igualar la sustancia del material natural irregular.

i) Escurrido a máquina (rodillos a presión) para separar el exceso de humedad.

ii) Aserraje a máquina, si no se ha realizado ya en estado encalado, o

iii) Afeitado en el que la sustancia se nivela y el material sobrante produce un desecho de pequeños fragmentos (en vez del material laminar obtenido en el aserraje).

Los procesos físicos anteriores son preparatorios de los siguientes:

iv) Neutralización, recurtido, tinción, licor graso. Durante estos procesos, a menudo sucesivos, en un bombo y empleando un baño común, se obtienen el color, el tacto y las características finales del cuero. Empleando:

<u>Neutralización</u>	1% de alcalí suave o sintano.
<u>Recurtido</u>	Una amplia gama de materiales de curtido, indicados previamente.
<u>Tinción</u>	1 a 6% de colorantes, ácidos, directos, básicos o especiales.
<u>Licor graso</u>	3 a 10% de aceites de pescado, de otros animales o vegetales, así como aceites minerales y "aceites sintéticos".

j) Desecado y acabado

Los cueros se escurren para separar la humedad, se alisan para suprimir las arrugas y los pliegos y luego se secan. El proceso de acabado final, como puede verse en la Fig. I, incluye el tratamiento mecánico del grano y la carne seguido de la aplicación de un apresto superficial. Estos procesos no producen una cantidad importante de efluente y pueden tener un interés secundario en el presente documento.

4. CONSUMO DE AGUA

a) Pesos interoperacionales

Del proceso "típico" indicado en el Anexo II no se deduce fácilmente cuál es el volumen de agua consumido. Esto se debe al sistema secular de las industrias del cuero de calcular los

volúmenes de elaboración (baños) como porcentaje del peso de los cueros.

Normalmente, esos baños se calculan por pesada en dos puntos estratégicos de la elaboración, es decir,

encalado y descarnado = peso de la piel encalada
curtido, aserrado y afeitado... = peso afeitado

Esta base de cálculo resuelve el problema del tamaño, la forma y las condiciones de curado irregulares de esta materia prima natural heterogénea. Sin embargo, las diferentes condiciones del curado afectan a la base ponderal de los procesos antes de la pesada de la piel encalada.

Así:

100 kg de cuero africano secado al aire pueden dar	250/290 kg
de piel encalada	
100 kg de cuero africano salado seco pueden dar	170/180 kg
de piel encalada	
100 kg de cuero salado húmedo pueden dar	120/125 kg
de piel encalada	
100 kg de cuero fresco (salpicado de sal) pueden dar	95/105 kg
de piel encalada	

Muchos de los trabajos publicados sobre el consumo de agua se refieren a cueros europeos/norteamericanos ligeramente salados, y para compararlos con cueros tropicales secados al aire debe utilizarse un factor de 2,3 aproximadamente.

b) Consumo de agua

i) El cálculo del consumo de agua de elaboración resulta difícil pues algunos procesos tradicionales se refieren a "lavados con agua corriente". Este proceso, por lo común deficientemente controlado, que dura habitualmente de 15 a 20 minutos, puede consumir del 200 al 500% de agua, pero depende del caudal de agua (que muchas veces es variable) y del tiempo realmente empleado (que muchas veces no se vigila con exactitud). La eficacia (o falta de eficacia) de este sistema se examina en el próximo capítulo.

Los procesos típicos indicados en el Anexo II consumirían nominalmente unos 26 litros de agua por kg de peso de piel encalada = aproximadamente 30 litros/kg de piel salada húmeda.

Sin embargo, las curtidorías han sido históricamente algo derrochadoras en el consumo de agua, debido al deficiente control de los volúmenes en la fábrica, sumado al consumo de grandes volúmenes en limpieza (lavado de suelos y bombos), con lo que el consumo nominal de agua de elaboración en la mayor parte de las curtidorías aumenta por lo menos en un 50%. Un consumo nominal de 30 litros/kg puede representar un consumo real superior a los 45 litros/kg.

B DESECHOS DE CURTIDURIA Y CONTAMINANTES

1. FUENTES DE DESECHOS Y DE CONTAMINANTES

La industria de la curtición soporta desde hace mucho tiempo el estigma de ser una "industria nociva" debido a las grandes cantidades de desechos que produce, tanto sólidos como transportados por el agua, que en ambos casos se caracterizan a veces por olores desagradables. Sin embargo, debe reconocerse, que dada la naturaleza carnívora de la mayor parte de la sociedad y la falta de otra industria que utilice, o consuma, los cueros y las pieles producidas necesariamente como producto secundario del consumo de carne, la industria del curtido desempeña una función socialmente deseable al ofrecer una salida económica a esas materias. Esos cueros y pieles, si no fueran elaborados en una industria de cuero, constituirían un riesgo ambiental mucho mayor que el producido cuando las pieles y los cueros se curten, aparte de que los cueros y las pieles podrían pudrirse en los diversos lugares en que existen mataderos, mientras que la descarga de la industria de la curtiduría está más centralizada y concentrada.

Hay dos principales fuentes de desechos de las curtidorías:

- a) Los componentes del cuero o la piel crudos que se separan o modifican necesariamente durante el proceso de curtido. Entre ellos figuran el pelo o la lana (enteros o

en forma de pulpa o completamente desintegrados y (disueltos), varias proteínas colágenas y no colágenas separadas, grasas naturales, recortes, residuos del aserraje y el afeitado, polvo del pulido y productos químicos que pueden haberse empleado durante el proceso de curado.

b) Productos químicos sobrantes y residuales del proceso de curtido.

Dada la tecnología actual, los productos del apartado a) supra son desechos inevitables de la industria curtidora; el principal problema hoy día es si pueden o no ser utilizados o eliminados económicamente con un perjuicio mínimo para el medio ambiente.

Los productos químicos residuales de la categoría b) anterior están hasta cierto punto bajo el control del técnico en curtido. En el Capítulo III ("Tecnología mejor para el medio ambiente"), se examinará la minimización o erradicación de los perjuicios ambientales procedentes de esta fuente.

2. CARACTER DE LOS DESECHOS

Es costumbre dividir los desechos de curtiduría en dos categorías:

- a) Desechos sólidos
- b) Desechos transportados por el agua - Efluente

Sin embargo, esto probablemente sea una simplificación exagerada, pues la tecnología de cada curtiduría puede determinar si un desecho particular se separa inicialmente en forma sólida, o se descarga con el efluente formando parte de los sólidos totales (por ejemplo, las descarnaduras, los residuos del afeitado y el polvo del pulido, aparecen en cantidades variables en la descarga líquida - efluente).

Por razones de comodidad, en el presente documento esas dos categorías se examinarán por separado. Como su objeto es contribuir a mitigar los perjuicios para el ambiente debidos a la industria, no se darán demasiados detalles sobre los componentes de los desechos, sólidos y líquidos, pues éstos pueden encontrarse en otras publicaciones⁽¹⁾. Sin embargo,

para permitir un examen realista de las "técnicas mitigadoras" a continuación se indican brevemente los componentes pertinentes y los principales contaminantes.

3. DESECHOS SOLIDOS

a) Cantidad

Los volúmenes de desechos sólidos que se producen dependen mucho de la materia que se elabora y del carácter del producto final. Hay pocos datos publicados en los que se compare la producción de desechos sólidos procedente de distintas materias primas, pero cabe imaginar que la producción de cuero a partir, por ejemplo, de cueros secos africanos puede producir mayores cantidades de desechos sólidos, ya que la sustancia de ese material bruto varía considerablemente del flanco al espinazo y un porcentaje mayor de los productos del aserraje obtenidos no se utiliza.

A continuación se describen dos encuestas recientes sobre la producción de desechos sólidos. Frendrup⁽²⁾ ha estudiado los desechos sólidos en 10 curtidurías suecas y en tres unidades de acabado. Un documento del Departamento del Medio Ambiente del Reino Unido⁽³⁾, expone un balance de materiales en la producción de cuero ovino curtido al cromo.

Aunque estos materiales se cuentan como "desechos" en el sector del cuero, un volumen importante de ellos puede utilizarse en la elaboración de cola, o como fertilizantes. Hasta el último decenio hubo una demanda económica importante de descarnaduras, recortes y desechos de aserraje no curtidos a fin de utilizarlos como base para la obtención de grasa y en la manufactura de cola y de gelatina. Sin embargo, con la aparición de las colas y los detergentes sintéticos, la demanda de desechos de curtiduría ha disminuido en la mayoría de los países. La mayor parte de los desechos sólidos se elimina generalmente por vertido o enterramiento controlados y a veces se incineran pequeños volúmenes.

CUADRO I
PRODUCCION DE DESECHOS SOLIDOS

	<u>FRENDRUP</u> (2)	Dpto. del MEDIO AMBIENTE, del Reino Unido(3)
	kg de sustancia seca/t de <u>materia bruta*</u>	Cantidades indicativas de desechos "tal como salen" <u>kg/1.000 kg de cuero salado húmedo</u>
Recortes	15	120 kg
Descarnaduras	41	70 - 230 kg
Desechos de aserraje (a la cal)	2	
Pelo, lana	20	
Desechos de afeitado (al cromo)	35	99
Desechos de aserraje (al cromo)	19	115
Desechos de afeitado (al vegetal)	2	Polvo de pulido 2
Recortes (al vegetal)	0,4	Recortes de acabado 32
Cieno efluente	15	250
	<hr/> 149,4* <hr/>	<hr/> 688 - 848 <hr/>

(*Nota: Hasta cierto punto, este método de registro no relaciona fácilmente la cantidad de desechos efectivamente producida, pues en circunstancias normales muchos de los materiales retienen cantidades considerables de agua).

b) Características de los desechos sólidos

El carácter de los desechos sólidos producidos en la curtidurías varía considerablemente según la tecnología empleada y la calidad de la "economía doméstica" instituida en la curtiduría. En el estudio anterior ONUDI/PNUMA⁽¹⁾ puede verse un análisis más detallado.

Desde el punto de vista de la ecología, las características más importantes de los desechos sólidos pueden ser las siguientes:

i) Los desechos colágenos no curtidos y las grasas, por ejemplo, los recortes crudos y remojados (a menudo mezclados con descarnaduras) que pueden dar lugar a malos olores,

ii) Los residuos que contienen sulfuro, por ejemplo, los recortes y las descarnaduras, procedentes del cuero en estado encalado y los residuos y cienos de la fábrica,

iii) Los desechos que contienen cromo, por ejemplo, los residuos del afeitado, el polvo del pulido y los cienos de los efluentes igualados.

Desde el punto de vista estético, los montones de residuos del aserraje al cromo inutilizables, que tantas veces "adornan" las curtidurías de los países en desarrollo, pueden considerarse como una ofensa para la vista, pero rara vez ejercen una influencia importante sobre el ciclo ecológico.

Los métodos para mitigar el efecto de esos materiales sobre el medio ambiente se examinarán en capítulos ulteriores, pero cabe señalar que muchas de las técnicas de reutilización de los desechos sólidos exigen un alto nivel de inversión, un gran volumen de producto, técnicas sumamente complejas e industrias conexas avanzadas y/o integradas, por lo que pueden no ser adecuadas en las condiciones imperantes en los países menos adelantados. En consecuencia, es necesario formular algunas observaciones sobre la importancia real de esos materiales.

i) Es indudable que si los desechos no curtidos, con sus grandes contenidos de proteínas pueden, si se dejan en condiciones húmedas, dar lugar a malos olores debido al ataque y a la descomposición bacterianos, así como favorecer la infestación por coleópteros y otros insectos. Sin embargo, siempre que no estén muy contaminados con productos químicos de la elaboración, no cabe duda de que constituyen un material muy idóneo como fertilizante agrícola y, si se sacan rápidamente de la curtiduría y se distribuyen con azadón o con arado en los campos cultivados, se desintegrarán rápidamente y, debido a su dispersión, no ocasionarán prácticamente ningún olor ni producirán otro efecto nocivo para el medio ambiente.

ii) Si los desechos no curtidos que contienen sulfuro se acumulan, pueden dar lugar a vapores de sulfuro de hidrógeno malolientes. Sin embargo, es poco probable que su concentración en esta forma sea peligrosa y, siempre que

el material se separe regularmente del local de la curtiduría y se entierre con azadón o con arado, como se ha dicho anteriormente, la degradación del medio ambiente será mínima. Los residuos y cienos de la factoría también pueden enterrarse así, pero como los medios para separar la mayor parte del sulfuro (véase el Capítulo IV) de esos cienos son relativamente sencillos, ese material que contiene sulfuro irá desapareciendo.

iii) Los desechos que contienen cromo han suscitado quejas en los círculos ecológicos. Sin embargo, según los análisis, la toxicidad de los desechos sólidos de curtido debida a la presencia de cromo es dudosa. Muchos de los primeros comentarios de los ecologistas sobre la toxicidad del cromo se refieren al cromo en forma hexavalente, mientras que la gran mayoría de las curtidurías emplean hoy día la forma trivalente menos tóxica del cromo. Los cienos procedentes del tratamiento de los efluentes pueden contener hasta el 3,5% de cromo⁽³⁾, mientras que los fragmentos de cuero (polvo de pulido, residuos del afeitado y el aserraje, etc.) pueden contener del 2 al 5% de Cr_2O_3 .

En los países de reciente industrialización que tienen sectores importantes del cuero (la Argentina, el Brasil y la India), suele ser posible la eliminación económica de los desechos sólidos curtidos al cromo si se utilizan como componentes del "cartón para tacones". Sin embargo, hasta ahora esa producción no es económicamente factible en la mayor parte de los países menos adelantados, por lo que este empleo final no está al alcance de sus curtidores.

El cromo de los cienos se halla en forma insoluble y es "prácticamente insoluble a los valores del pH que se encuentran en el medio ambiente"⁽³⁾. La mayor parte del cromo contenido en los fragmentos de cuero curtido está ligado químicamente a las proteínas de la piel y no se desplaza fácilmente.

Los químicos especializados en cueros y otros especialistas están investigando activamente varios aspectos del efecto del

chromo contenido en los desechos de curtiduría a fin de resolver puntos de vista conflictivos como los siguientes:

Efecto del chromo sobre el crecimiento de las plantas y efecto del chromo disperso en los suelos utilizados para terraplenes.

El informe del Gobierno del Reino Unido⁽³⁾ dice que el Servicio Consultivo sobre Desarrollo Agrícola del Ministerio de Agricultura y Pesca cita la cifra de 500 mg de chromo por kg de suelo como la máxima concentración de chromo en los suelos que puede tolerarse sin efectos nocivos para las cosechas, y el informe del Grupo de trabajo sobre la evacuación de cienos de alcantarillado en el suelo indica que sería casi seguramente posible aplicar durante 30 años o más un total de 1.000 kg ha⁻¹ de chromo al suelo con el cieno de alcantarillas sin efectos nocivos para el crecimiento de las cosechas (esto equivale a una concentración máxima de chromo en el suelo de unos 500 mg kg⁻¹). En otros lugares se aplica un límite de 500 mg Cr (III) kg⁻¹ a los suelos con bajo pH (pH inferior a 5,5), mientras que en los suelos alcalinos se ha concluido que una concentración de 1.000 mg de Cr (III) kg⁻¹ no obstaculiza la producción agrícola. Añade que los experimentos han demostrado que la reducción del chromo (VI) a chromo (III) ocurre espontánea y rápidamente en presencia de la materia orgánica del suelo, tanto en condiciones ácidas como alcalinas. Se llega a la conclusión de que los riesgos de añadir chromo al suelo con desechos orgánicos, de tal modo que se alcance la máxima concentración en el suelo (500 mg de chromo kg⁻¹ de suelo), parecen ser insignificantes.

Por el contrario, en un artículo publicado hace poco en los Estados Unidos⁽⁴⁾ se afirma que cuando los compuestos de chromo trivalente se mezclan con el suelo se produce una oxidación relativamente rápida a la forma hexavalente más tóxica. Sin embargo, varios miembros de la Comisión de Desechos de Curtiduría de la I.U.L.T.C.S. han criticado ese trabajo, que no se ajusta a los resultados obtenidos por ellos⁽⁵⁾.

Se ha investigado la incineración y la pirólisis de materiales que contienen chromo, como posible alternativa a las técnicas de dispersión en el suelo, y se han publicado los resultados obtenidos^{(6) (7) (8) (9)} con respecto a su relativa eficacia y a sus ventajas económicas y ecológicas sobre la técnica de terraplenado como medio de eliminar los desechos que contienen chromo. Se detallan las condiciones de elaboración que reducen al mínimo el riesgo de transformación del chromo trivalente en su forma hexavalente más tóxica. Estas

condiciones requieren un riguroso control de la temperatura y otros factores. Corning⁽⁵⁾ "señala que de hallarse juntos el cromo y la cal" (como es probable que suceda en el cieno del efluente mixto de las curtidurías) "existe un riesgo real de producir cromato cálcico, que es un carcinógeno comprobado". La principal ventaja de la incineración y la pirólisis es la posibilidad de recuperar una cantidad importante de cromo. La economía práctica de esos sistemas, algunos de los cuales están protegidos por patentes, está todavía por demostrar en general a escala comercial y, en el futuro, puede ser necesario evaluarlos en comparación con otros métodos de recuperación de cromo descritos en el Capítulo III. Sin embargo, esas tecnologías parecen estar fuera de las posibilidades actuales de la mayor parte de los países en desarrollo, debido a la necesidad de una producción elevada para justificar la inversión de capital y la necesidad de un control cuidadoso.

4. EFLUENTES

a) Volumen

Los volúmenes de agua utilizados por los curtidores se han reducido en años recientes debido a:

- i) Mayores costos de los suministros de agua,
- ii) Tentativas de reducir el volumen y los gastos consiguientes del tratamiento del efluente,
- iii) Establecimiento de una tecnología de curtido con baños menores o con baños pequeños, a fin de conseguir una utilización más eficaz de los productos químicos de elaboración y una producción más rápida.

En su estudio de las curtidurías suecas, Frendrup⁽²⁾ encontró los siguientes consumos de agua:

1962	-	103 m ³ /t	(litros/kg)
1975	-	47 m ³ /t	(litros/kg)
1977	-	unos 40 m ³ /t	(litros/kg)

Las ventajas de un menor consumo de agua son evidentes en cuanto a las economías financieras. Con respecto a la

concentración de la contaminación en el efluente, el efecto es aumentar la concentración de contaminantes en forma inversamente proporcional a la reducción del volumen. El efecto de ese aumento de la concentración y esa reducción del volumen, con respecto a las descargas de efluentes, depende de la estructura y de la base de la reglamentación local sobre descargas. En algunos casos en los que se han establecido límites para la concentración de contaminantes, el incentivo para que las curtidurías disminuyan el consumo de agua desaparece (véanse los capítulos siguientes).

b) Características del efluente

i) Cantidades mínimas teóricas de contaminantes

Como se ha dicho anteriormente en la sección B.1 del Capítulo II, dada la tecnología actual del curtido, hay unas cantidades mínimas de materias que se hallarán por fuerza en la descarga acuosa de la curtiduría. En el Cuadro II se indican esas cantidades, debidas

CUADRO II
CONTAMINACION MINIMA INEVITABLE - CUERO CURTIDO AL CROMO

	<u>CONTAMINACION</u> g/kg de cuero <u>salado húmedo</u>
<u>SOLIDOS INORGANICOS (FIJOS)</u>	
Sal del cuero	150 g/kg
Sales del cuero, del agua bruta y de usos sanitarios	10 g/kg
Total sólidos inorgánicos	<u>160 g/kg</u>
<u>SOLIDOS ORGANICOS</u>	
Proteína del pelo	40 g/kg
Proteína del cuero	25 g/kg
Grasas y carbohidratos del cuero	15 g/kg
Suciedad y estiércol	5 g/kg
Sustancia orgánica del agua bruta y de usos sanitarios	2 g/kg
Limpieza de las máquinas y del edificio	3 g/kg
Total sólidos orgánicos	<u>90 g/kg</u>
Total sólidos	<u>250 g/kg</u>

principalmente a los componentes del cuero que han sido atacados o reconstituidos durante la curtición, según el documento ONUDI/PNUMA⁽¹⁾.

Sin embargo se ha concluido que los efluentes normales de las curtidurías contienen por lo menos el doble de este mínimo teórico ya que, con la tecnología actual, son inevitables unos excesos apreciables de productos químicos de la elaboración.

ii) Cantidades realmente encontradas

En los Anexos IA y B se detallan los contaminantes típicos encontrados en las curtidurías que aplican tecnologías tradicionales, aunque ocurrirán variaciones debidas a las diferentes tecnologías empleadas y a la forma en que se mezclan los diversos efluentes en las alcantarillas interiores.

En los Cuadros III y IV pueden verse las variaciones de los principales contaminantes y sus concentraciones.

CUADRO III
CONTAMINANTES ENCONTRADOS - EFLUENTES DE CURTIDURIA - Kg/t de cuero bruto

	Anexo IA de este documento. Cuero al <u> Cromo</u>	U.E.S.P.A. (10) Cuero al <u> Cromo</u>	FRANCIA C.T.C. (11) Cuero al <u> Cromo</u>	SUECIA (12) Curtición <u> mixta</u>	POLONIA (13) Curtición <u> mixta</u>
DBO ⁵	60	95	75 - 90	71	70
DQO(K ₂ Cr ₂ O ₇)	175	260	200 - 220	190	233
Sólidos en suspensión	150	140	140	106	70
Sulfuro	7	8,5	9	-	6*
Cromo	4,5	4,3	6	2,7	1,1
Volumen de agua m ³ /t *Referido a H ₂ S	45	53	65	aprox. 40	70

Nota: Medición de los contaminantes - Puede expresarse por dos métodos:

(continuación de la nota)

- i) Términos absolutos - es decir, contaminante expresado con relación al peso del cuero bruto original (por lo común en estado salado húmedo), o sea, kg (de contaminante) por tonelada (material bruto) o g por kg (siendo ambas expresiones iguales en partes por mil).
- ii) Los términos de concentración expresan, no obstante, la concentración de los contaminantes en el licor efluente en miligramos (de contaminante) por litro (mg/l) o en ocasiones en "partes por millón" (p.p.m.) (también en este caso los dos términos son sinónimos a efectos prácticos). Las mediciones por el método i) y el ii) están interrelacionadas por los volúmenes de agua consumidos.

iii) Importancia de los componentes del efluente

Actualmente, en los países en desarrollo, las plantas municipales de tratamiento de efluentes son pocas y están muy separadas, y prácticamente todos los efluentes industriales, incluidas las descargas de curtiduría vierten en las aguas superficiales. En consecuencia, este examen se referirá principalmente a esas descargas. En los países en desarrollo donde existen instalaciones de tratamiento municipales o de otros organismos públicos, se cuenta con cierto grado de experiencia en materia de tratamiento de efluentes y la necesidad de este documento no es tan necesario para ellos. Los detalles que aquí se dan en relación con las aguas superficiales pueden ser adaptados a cada caso particular por los ingenieros de las instalaciones públicas de tratamiento.

La importancia de cualquier descarga de efluentes y su efecto sobre todos los aspectos del medio ambiente dependerá considerablemente del caudal receptor y, en consecuencia, de la

capacidad de éste para diluir y absorber esa carga con trastornos ecológicos mínimos.

Desde un punto de vista práctico cabe preguntar cuáles son los contaminantes importantes y cuál es su efecto para el medio ambiente.

CUADRO IV
CONCENTRACION DE CONTAMINANTES
EFLUENTE DE CURTIDURIA - mg/litro

	<u>Anexo I B del presente documento</u> <u>Cuero al cromo</u>	<u>Gorecki (2) Polonia</u> <u>Curtidurías mixtas</u>	<u>(1)</u> <u>India</u>
DBO ₅	1.300	1.000	1.750
DQO	3.500	3.300	3.400
Sólidos en suspensión	3.300	1.000	2.800
Sulfuro	160	85*	
Cromo	100	15	125

Volumen de agua consumido
en la curtición litros/kg

45

70

*Referido a S₂H

Una simplificación del problema indicaría que hay dos componentes específicos, el cromo y el sulfuro, con algún grado de toxicidad potencial además de la cual, la "carga biológica" general puede tener un efecto localizado importante sobre el contenido de oxígeno disuelto de las aguas receptoras.

:- Cromo

Se ha señalado que el cromo en forma hexavalente tiene cierto efecto sobre la vida acuática. Aunque los peces tienen una tolerancia relativa al cromo, los organismos que sirven de alimento a los peces y otras formas inferiores de vida acuática son más sensibles. Sin embargo, las descargas de cromo de las

curtidurías en las aguas superficiales no parecen haber sido plenamente evaluadas. En esas descargas, el cromo estará en la forma trivalente menos tóxica (o no tóxica) y al pH de 8 a 10 de una descarga típica (licores mixtos) se encontrará en forma precipitada. En las condiciones normales, con las aguas receptoras a un pH de 7,0 aproximadamente, es poco probable que ese cromo vuelva a disolverse. En un apartado anterior sobre desechos sólidos se ha examinado brevemente el efecto del cromo sobre las cosechas, que puede aplicarse al cromo contenido en el efluente de las curtidurías descargado en un río que ulteriormente se emplee para el riego.

:- Sulfuros

Además del mal olor y el sabor desagradable que puede impartir a las aguas receptoras, los principales efectos del sulfuro son:

- disminución del contenido de oxígeno disuelto (O.D.) de las aguas, con posibles efectos sobre todas las formas de vida acuática;
- posible aparición de precipitados de color negro en presencia de algunos metales (por ejemplo, el hierro);
- toxicidad para los peces, que aumenta cuando disminuye el valor del pH. Según un informe,⁽¹⁴⁾ las truchas se ponían boca arriba en dos horas cuando el agua contenía 3,2 mg/litros de sulfuro sódico a un pH de 9,0. Sin embargo, a un pH de 7,8, las truchas se ponían boca arriba en 10 minutos, y a un pH de 6,0 sólo hacían falta cuatro minutos para que las truchas se pusieran boca arriba. En otro estudio⁽¹⁵⁾ se concluyó que tres especies de peces, es decir la Daphnia magna, la carpa y la Cambusia affinis, sólo podían tolerar una concentración de sulfuro de 1,9, de 50 y de 760 mg/litro respectivamente; de mucha mayor importancia es la toxicidad del gas sulfuro de hidrógeno para los seres humanos. A este respecto, cabe señalar que si se permite que el pH de un licor que contiene sulfuro descienda por debajo de 8,5 se desprenderán cantidades apreciables del gas H₂S letal con la posibilidad de que se produzca un accidente mortal para los seres humanos. Es poco probable que esto ocurra con la descarga de una

curtiduría en las aguas superficiales, pero ha causado accidentes mortales en los recipientes de tratamiento in situ de efluentes que contienen licores de cal, y ese peligro potencial aumentaría considerablemente si se añadieran con licores ácidos.

Además de los riesgos para el hombre debidos a la presencia de gas letal S_2H en el espacio confinado de las alcantarillas, cabe señalar que el gas S_2H puede condensarse en las paredes y ser oxidado por las bacterias para formar ácido sulfúrico, que puede atacar al revestimiento del alcantarillado (podría causar daños tanto en las alcantarillas internas de la curtiduría como en las municipales).

:- Carga "orgánica"

El efecto de la descarga de los desechos generales mixtos es en gran parte una función del grado de dilución que permite el curso de agua receptor. El principal efecto del vertido de esta "carga biológica" se observa en la apreciable disminución del contenido de oxígeno disuelto (O.D.) del receptor que puede afectar a la vida acuática aerobia. En el estudio anterior ONUDI/PNUMA⁽¹⁾ se hacen algunas hipótesis* sobre la constante de reaireación de los ríos receptores, se calcula para un efluente de curtiduría que contiene cromo, que para satisfacer la norma de calidad del agua que mantenga la vida normal de los peces, un río receptor debe tener por lo menos un caudal de $6 \text{ m}^3/\text{día}$ por kg de cuero elaborado/día. Con un caudal menor, de $4 \text{ m}^3/\text{día}/\text{kg}$ de cuero elaborado/día, el río no podrá mantener la vida de los peces en algunos de sus tramos. Con un caudal todavía menor, de $2 \text{ m}^3/\text{día}/\text{kg}$ de cuero elaborado/día, el río carecerá completamente de oxígeno aguas abajo del lugar de vertido, y las consiguientes condiciones anaerobias pueden provocar la formación de masas de cieno flotantes, gases nocivos, gran turbidez, etc., la cual reduce el valor estético de las aguas receptoras.

*Nota: Río divagante, constante de aireación 0,46, disminución de la DBO 0,23 por día a 20°C con un valor de saturación de O.D. de 8 mg/litro.

Si se acepta el consumo de agua de 45 litros/kg adoptado en ese documento, los datos anteriores permiten calcular los factores de dilución necesarios para que el río pueda soportar el vertido de los efluentes mixtos de curtiduría:

- 6 m³/día por kg de cuero elaborado = factor de dilución 133 - sostiene la vida normal de los peces
- 4 m³/día por kg de cuero elaborado = factor de dilución 89 - degradación localizada
- 2 m³/día por kg de cuero elaborado = factor de dilución 44 - grave degradación posible.

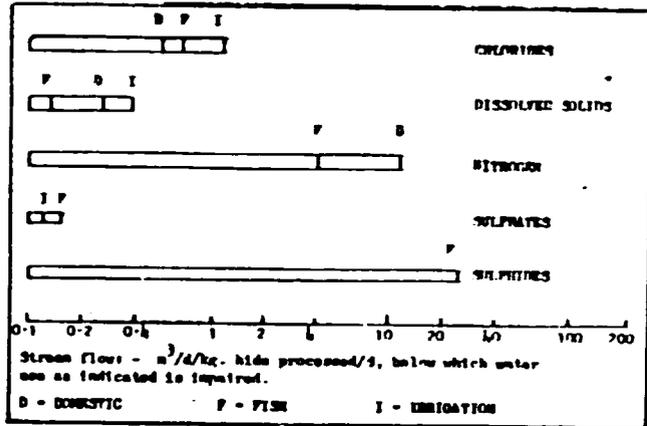
Estos factores de dilución pueden constituir una base adecuada para que puedan iniciarse conversaciones serias entre el curtidor y la autoridad local. Debe tenerse en cuenta que la hipótesis básica empleada en el cálculo era que el río receptor no estaba ya muy contaminado aguas arriba. Además, si hay otras descargas de efluentes, debe evaluarse el efecto total de las descargas de efluentes en el tramo pertinente del curso de agua.

:- Otros aspectos

Los datos supra sobre la dilución se refieren a la carga "orgánica". En el estudio mencionado⁽¹⁾ también se hicieron cálculos sobre las necesidades específicas de dilución para que los desechos de curtiduría no perjudiquen a otros varios usos beneficiosos de las aguas receptoras.

Se reconoce que los factores de dilución supra se basan en ciertas hipótesis que dependerán de factores locales. En un mundo perfecto debería hacerse un análisis de los datos pertinentes en cada emplazamiento de una curtiduría. Sin embargo, en la mayor parte de los países en desarrollo no existen medios para ese análisis y se ha considerado que los datos de dilución supra pueden ofrecer directrices básicas.

FIGURA II
NECESIDADES DE DILUCION DE LOS DESECHOS DE CURTIDURIA PARA LA PROTECCION DE VARIOS USOS BENEFICIOSOS DEL AGUA RECEPTORA



CAPITULO III

PROCESOS DE CURTIDO MEJORES PARA EL MEDIO AMBIENTE

A ESTRATEGIA

Los técnicos de las curtidurías son notoriamente conservadores y, en consecuencia, reacios a modificar tecnologías que parecen rendir un producto final satisfactorio. Sin embargo, bajo la presión cada vez mayor de las autoridades locales en relación con el volumen y el costo del agua consumida, las concentraciones de contaminantes permitidas y el costo de la descarga de efluentes, junto con la subida de los costos de los productos químicos, en muchas zonas del mundo la industria está aceptando tecnologías adaptadas "mejores para el medio ambiente" a fin de contrarrestar esas presiones externas.

El que se instalen o no todas las facetas de los "procesos mejores para el medio ambiente" en una curtiduría determinada dependerá de las circunstancias locales y estará también muy influido por las presiones externas. Así, en las zonas áridas, la escasez de agua local puede provocar una reevaluación del proceso de curtido, mientras que en otras zonas las normas aplicables a la descarga del efluente pueden constituir un mayor estímulo para aceptar una tecnología más racional. Sin embargo, como todos los aspectos de un procedimiento "mejor para el medio ambiente" están relacionados entre sí, parece evidente que muchas veces es necesaria una reevaluación total de toda la operación.

Por ejemplo, si los volúmenes de agua empleados se reducen considerablemente (sin ninguna otra alteración del proceso) se obtendrá una reducción del volumen del efluente, pero con una concentración mayor, si bien los costos de tratamiento del efluente (especialmente los costos de capital) se reducen mucho por lo general. En algunos lugares donde las únicas limitaciones a la descarga de efluentes son reglamentos locales arbitrarios relativos a la concentración de contaminantes, ese aumento de concentración, debido a un consumo menor de agua,

parecería contraproducente, aunque demostraría la necesidad de introducir otra tecnología innovadora que reduzca la descarga de contaminantes (menores cantidades de productos químicos, reciclaje o tal vez el tratamiento de determinados efluentes).

El curtido al cromo es un sector en el que puede ser necesario un análisis técnico a fondo de las tecnologías disponibles. Existen varias posibilidades: utilizar los sistemas de alta fijación de cromo (que pueden crear inflexibilidad en la producción) y en algunos casos conseguir que el efluente mixto final se ajuste a las normas locales para las descargas; hacer un reciclaje (tal vez más flexible en la producción de determinados lotes, pero que no produce un efluente exento de cromo); o continuar con el proceso de curtición existente pero intentando tratar todos los licores que tengan un contenido importante de cromo a fin de separar el cromo del efluente.

Un análisis de la mayor parte de las operaciones de curtido sugiere que con las tecnologías más modernas podrían obtenerse considerables ahorros financieros que normalmente compensarían con creces todo aumento de los costos debido a la necesidad de aumentar el grado de supervisión para controlar esas tecnologías innovadoras propuestas.

Otra consideración debe ser el grado de tratamiento del efluente; por ejemplo, si se aspirase a elegir la oxidación catalítica para separar los sulfuros, el reciclaje directo del licor de cal puede dejar de ser técnicamente beneficioso, pero justificaría un análisis de los ahorros potenciales de productos químicos, en comparación con cualquier pérdida o costo debidos a la disminución de calidad del producto final o al personal de supervisión adicional necesario.

Existirán limitaciones a la introducción de "procesos mejores para el medio ambiente" debido a que el equipo y la instalación de curtido existentes resulten inadecuados, pero dado el ingenio normal de los curtidores resultará posible en casi todos los casos introducir tecnología moderna en las curtidurías existentes en los sectores más críticos, como la reducción de los sulfuros, del cromo y de la carga de DBO.

Sin embargo, la introducción de un reciclaje extensivo del agua puede no ser fácil de realizar en una curtiduría típica de las actuales, y de hecho es posible que los costos de la conversión no justifiquen esa medida, mientras que en una curtiduría nueva podría considerarse la instalación del reciclaje a un costo relativamente bajo. Sin embargo, casi todas las curtidurías, siempre que haya una orientación o una presión suficientes, podrían encontrar los medios de reciclar los licores de cromo.

El presente documento, dirigido a los países en desarrollo, trata de destacar las posibilidades existentes en esos sectores cruciales, sin necesidad de una tecnología excesivamente compleja.

B TECNOLOGIA DE LA CONSERVACION DE RECURSOS HIDRICOS

Con variaciones en el consumo de agua comprendidas entre < 20 l/kg y > 100 l/kg para tecnologías aparentemente similares en otros aspectos, hay en muchas situaciones margen para la conservación y para considerables ahorros en este sector. Los principales sistemas de las tecnologías que economizan recursos hídricos pueden ser las siguientes:

- Mayor control del volumen de las aguas de tratamiento y de limpieza
- Lavados por "lotes" en vez "lavados con agua corriente"
- Técnicas de baños pequeños con el equipo existente
- Técnicas de baños pequeños con equipo modernizado (mezcladoras)
- Reciclaje - reutilización directa del agua en procesos menos críticos.
- Reciclaje de determinados licores de elaboración.

1. AUMENTO DEL CONTROL DE LAS AGUAS DE TRATAMIENTO Y DE LIMPIEZA

En la mayor parte de las curtidurías sólo el 50% aproximadamente del agua consumida está relacionado con las necesidades reales del proceso. El resto de las aguas consumidas parece deberse a extensos lavados con agua corriente,

a desbordamientos de recipientes, a que hay tuberías que corren continuamente y al lavado excesivamente frecuente de los suelos y los bombos.

La reducción del uso excesivo de agua en este sector, aunque es rentable, requeriría un importante programa de formación de los trabajadores, unido a la instalación de contadores de agua o de válvulas de control del caudal menos complejas, así como a un código escrito de práctica para los operarios (por ejemplo, detallar cuándo necesitan lavarse con manguera el suelo, los bombos, etc.).

Pueden obtenerse considerables economías si se introducen normas y equipo de limpieza sencillos y se fiscaliza su utilización.

2. LAVADOS POR "LOTES" EN LUGAR DE "LAVADOS CON AGUA CORRIENTE"

El sistema secular de las curtidurías de lavar con agua corriente, en el que los productos se lavan en un bombo provisto de una puerta enrejada con la válvula de toma de agua completamente abierta, durante 15 a 20 minutos, es uno de los principales causantes del derroche de agua en las curtidurías. El control de esos procesos es mínimo pues no se vigila ni el caudal de agua ni el tiempo durante el que corre ésta. A menudo esos procesos emplean >1.000% de agua, mientras que los trabajos realizados en muchos centros de investigación^{(16) (17) (18) (19)} han demostrado que muchas veces el 50% del total de agua puede ahorrarse si se instituye el lavado por lotes.

Por ejemplo, primer lavado	250% de agua - 20 minutos Desagüe
segundo lavado	250% de agua - 20 minutos Desagüe

(El volumen y el tiempo reales que deben emplearse pueden comprobarse inicialmente si se verifican la piel y el licor para varios volúmenes y tiempos).

Este lavado por lotes también daría una mayor uniformidad al producto.

3. TECNICAS DE BAÑOS PEQUEÑOS CON EL EQUIPO YA EXISTENTE

La utilización de baños pequeños, es decir del 40 al 80% en los bombos tradicionales, en lugar de los baños usuales del 100 al 250%, además de producir economías en el consumo de agua y una elaboración más rápida puede, en muchos procesos, producir economías apreciables en la cantidad de productos químicos utilizados, al lograrse una concentración más eficaz y aumentar la acción mecánica.

Se ha señalado que la aceptación simultánea del "lavado por lotes" y de los "baños pequeños" economiza más del 70% del agua utilizada en la actividad de la curtiduría⁽¹⁷⁾. Sin embargo, cabe señalar que los "baños pequeños" pueden imponer un mayor desgaste al cuerpo de los bombos y a los motores. El motor debe tener una potencia suficiente para superar el aumento de "inercia" al arrancar, y además, la subida de la temperatura de los productos contenidos en el bombo, al aumentar la fricción y disminuir el refrigerante (especialmente durante el curtido), puede no ser siempre técnicamente aceptable en climas tropicales con altas temperaturas ambientes.

Con respecto a la utilización del agua debe subrayarse que, a ser posible, se empleen bombos en lugar de cubas de paletas y fosas que consumen baños del 300 al 1.000%, si bien debe reconocerse que las cubas de paletas y las fosas son indispensables para determinados procesos, como el primer remojo de los cueros secos y el tratamiento de pieles de lana larga.

4. TECNICAS DE BAÑOS PEQUEÑOS CON EQUIPO MODERNIZADO

Se ha señalado que la instalación de procesadores del cuero (mezcladoras de hormigón y unidades de partición en Y) produce economías de agua del 50%, además de las economías de productos químicos. En las curtidurías existentes en la mayor parte de los países menos adelantados es muy improbable que esa ventaja justifique la importación de unidades de ese tipo a un alto costo en divisas, cuando los bombos de madera pueden construirse localmente. Sin embargo, en un nuevo proyecto, esa conservación de agua y de productos químicos, sumada al aumento

de la eficacia y la regularidad generales, puede justificar la adquisición de tales unidades. Los procesadores de cuero son idealmente adóneos para los sistemas de reciclaje y requieren un mínimo de obras de ingeniería para su reciclaje; la mayor parte de las unidades llevan incorporados sistemas eficaces de avenamiento.

5. RECICLAJE - REUTILIZACION DIRECTA DE LAS AGUAS EN PROCESOS MENOS CRITICOS

En los últimos años se han publicado muchas propuestas en las que se demuestra que es técnicamente factible reciclar muchas aguas de enjuagado y de lavado relativamente limpias hacia otros procesos en los que la baja concentración de productos químicos en esos desechos presentaría ventajas (o por lo menos efectos nocivos mínimos).

Es posible que la más sencilla de esas propuestas sea el Proceso de Bailey Modificado⁽¹⁾, que se representa esquemáticamente en la Fig. IIIA (las bombas y los tanques de recepción necesarios vendrán determinados por las circunstancias existentes en cada curtiduría). Este sistema propone lo siguiente:

- i) Que el agua del lavado siguiente al macerado, así como el agua de neutralización y la del lavado siguiente a ésta se reciclen hacia el proceso de remojo,
- ii) Que una parte del agua del segundo lavado siguiente al encalado se recicle para formar la base de un nuevo licor de cal.

Este proceso de "Bailey" modificado podría reducir el consumo nominal de agua de 17,1 litros/kg a 12,6 litros/kg, es decir, una reducción del 26% aproximadamente. Aunque los requisitos de ingeniería necesarios para este sistema no son excesivamente complejos, pueden resultar difíciles en muchas curtidurías existentes, pero sería más fácilmente a un proyecto nuevo. El principal requisito, además de los colectores, es la incorporación de un desagüe bifurcado mediante el cual pueda dirigirse la corriente de salida de cualquier bombo a:

- i) la red de reciclaje,
- o ii) la alcantarilla normal del efluente.

La bifurcación de avenamiento y el sistema colector exigirían una supervisión adicional para asegurar que cada uno de los baños se descarga por la vía idónea.

Cabe convenir la escasa probabilidad de que la instalación de una red de reciclaje, meramente para ahorrar de un 25 a un 50% aproximadamente de consumo de agua, resulte económica, excepto en las regiones ultraáridas donde el agua es tan escasa como costosa.

Sin embargo, cuando un reciclaje sencillo del agua se suma al reciclaje de determinados baños, por ejemplo el de depilado y el de curtido al cromo, con ahorros en el consumo de productos químicos, las economías aumentan apreciablemente y deben ser objeto de un estudio serio.

Slabbert del L.I.R.I. ⁽²⁰⁾ ha descrito un sistema de reciclaje que se representa en la Fig. III B y que incorpora:

- i) El reciclaje del agua de encalado usada y la de los lavados siguientes a éste hacia el remojo,
- ii) El reciclado de las aguas de "piclaje" y de curtido al cromo, así como la de algunos lavados.

Se ha indicado que una ventaja de este sistema es que la alcalinidad residual, procedente del baño de encalado usado, actúa como un acelerador de la operación de remojo ⁽²⁰⁾.

El sistema de Slabbert parecería adecuado para muchas curtidurías de los países en desarrollo. En el Capítulo III E se examinarán los detalles del reciclaje de los baños de "piclaje" y de curtido al cromo según Slabbert.

En las Figs. III C y D se esbozan en forma de diagrama otros sistemas de reciclaje con más detalle:

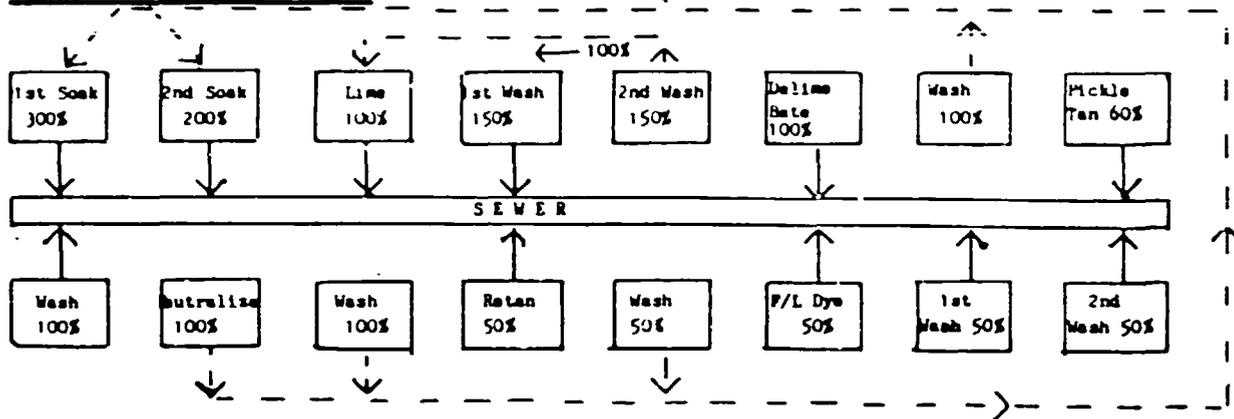
Komanowsky y Senske ⁽²¹⁾ analizan un sistema completo de contracorriente, como se ve en la Fig. III C. Desde el punto de vista teórico, este sistema tiene muchos aspectos recomendables. El sistema consiste en lo siguiente:

FIGURA III ALGUNOS SISTEMAS DE RECICLADO DE AGUA

III A MODIFIELD "BAILEY PROCESS"

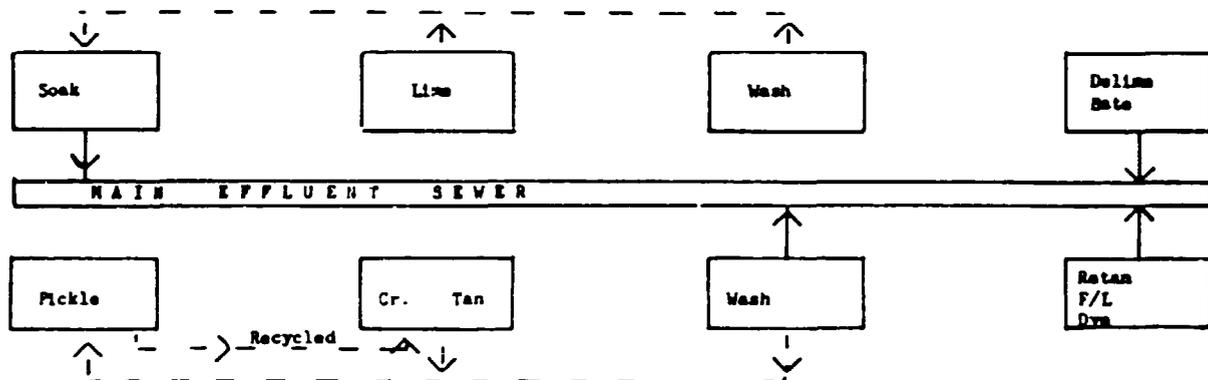
Source Ref: (1)

35%



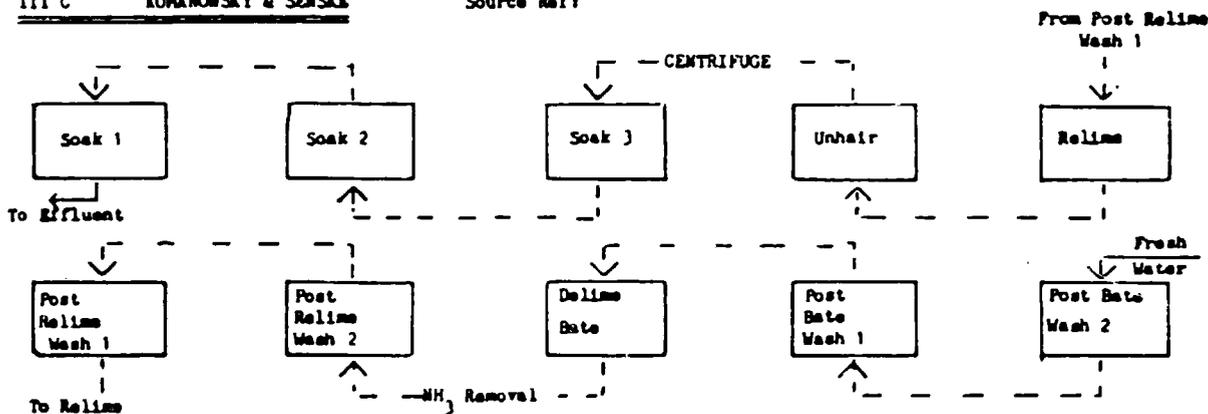
III B N. P. SLABBERT L.I.R.I.

Source Ref: (20)



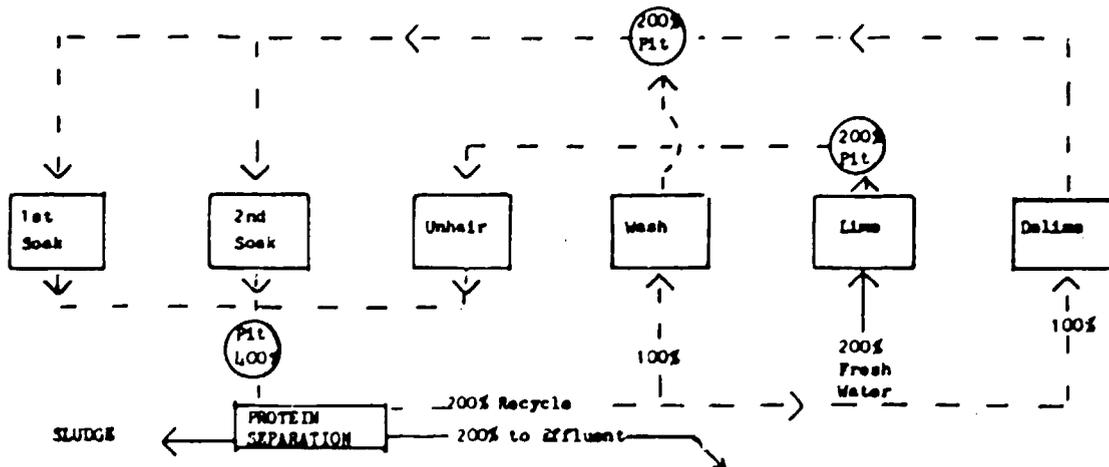
III C KOMANOWSKY & SENSKE

Source Ref: (21)



III D VULLIERMET

Source Ref: (5)



- i) la reutilización simple, sin tratamiento, de algunos licores,
- ii) el ajuste químico de otros licores (separación de amoniaco),
- iii) determinados tratamientos físicos de un efluente particular (centrifugación).

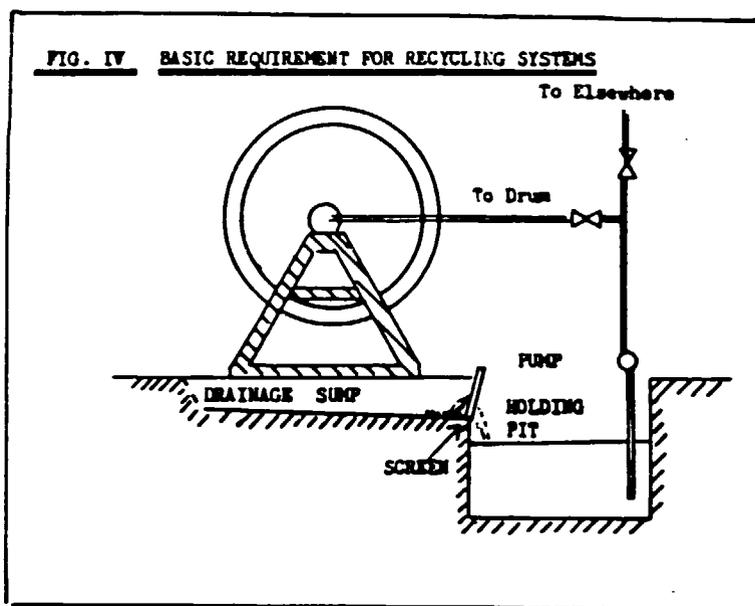
El sistema de Komanowsky y Senske reduciría drásticamente del efluente, pues todo el proceso anterior al curtido sólo utilizaría un baño. En 1982 era un sistema visionario, pero ¿con potencial para el futuro?

Con respecto a los países en desarrollo, es posible que ese proceso exija niveles excesivamente altos de supervisión, y sin duda tendría que ser comprobado prácticamente a nivel comercial, en otros lugares, durante algunos años antes de que se pudiera aplicar una propuesta tan radical.

Vulliermet⁽⁵⁾, del C.T.C. de Lyon, ha detallado un "reciclaje óptimo de agua en el remojo y el depilado", que se representa en la Fig. III D. Este sistema separa los procesos de depilado y encalado y luego recicla ambos simplemente (sin tratamiento) y con tratamiento (separación de proteínas). Desde el punto de vista técnico, el sistema de Vulliermet tiene mucho que ofrecer: reducción del volumen del efluente y disminución de su carga orgánica total pero, al igual que el sistema anterior de Komanowsky y Senske, habrá que verificarlo a nivel comercial antes de que pueda recomendarse para los países en desarrollo.

Los detalles técnicos del reciclaje deben ajustarse a cada curtiduría concreta, pero fundamentalmente la necesidad más básica es la representada en la Fig. IV. La instalación o no de un filtro (estático, de barras, de autolimpieza o cepillado) depende del licor que vaya a manejarse. Si no se incluye el filtrado, la bomba debe protegerse (con un cesto) y ser capaz de funcionar aunque el licor contenga fragmentos sólidos grandes y pequeños.

FIGURA IV
REQUISITO BASICO DE LOS SISTEMAS DE RECICLAJE



Simoncini y de Simone⁽²²⁾ han dado más detalles sobre un equipo de reciclaje en bombos, que incluye el filtrado en el bombo y medios eficaces para la descarga continua de éste.

6. RECICLAJE DE DETERMINADOS LICORES

Se describirá en las secciones siguientes de este capítulo bajo el título de cada proceso.

C. ENCALADO Y DEPILADO

El remojo y el depilado tradicionales aportan más del 80% de la carga de D.B.O. y D.Q.O. en los efluentes típicos de curtidurías⁽²³⁾ ⁽²⁴⁾. En consecuencia, se está investigando constantemente para encontrar nuevas tecnologías a fin de evitar esta gran carga de contaminantes. Esas investigaciones han abarcado los siguientes sectores:

- Sustitución del sulfuro,
- Sustitución parcial y reducción de las cantidades y los volúmenes de cal y de sulfuro,
- Reciclaje, sin tratamiento importante del baño usado,
- Sistemas más complejos.

Durante el proceso de depilado por "pulpa de pelo" tan frecuente hoy se obtiene una gran carga orgánica en el agua debido a los productos de degradación del pelo, a menudo suspendidos en el agua en forma coloidal. Por lo general, los intentos para volver a una operación de pintado "salvadora del pelo", que daría una carga orgánica menor en el efluente, no han tenido éxito con los cueros debido a la subida de los costos de mano de obra (pintado, depilado, etc.). Al evaluar esos procesos será necesario decidir si darán licores con menos contenido de sulfuro cuya descarga sea aceptable para las autoridades locales. Así, Frendrup⁽²⁶⁾ ⁽²⁷⁾ señalaba hace poco que "...el empleo de sistemas de depilado patentados no ha seguido ganando terreno. Más bien, es cierto lo contrario, pues los curtidores nórdicos han tendido a preferir los sistemas clásicos de depilado"; también ha señalado que el reciclaje en la fábrica no ha resultado rentable y que los licores de sulfuro se terminaban por airear catalíticamente.

1. SUSTITUCION DEL DEPILADO TRADICIONAL CON SULFURO

La mayor parte de las principales empresas proveedoras de productos químicos se han dedicado a buscar un sucedáneo económico y técnicamente aceptable del depilado y el encalado con cal y sulfuro. Entre otros productos se han investigado el sulfato de dimetilamina, el clorito sódico, el bicromato sódico, los mercaptanos y las enzimas. Sin embargo, en general los resultados no han sido aceptables; Frendrup⁽²⁹⁾, tras una encuesta, ha publicado los niveles de contaminación correspondientes a distintos sistemas (véase el Cuadro V). La reacción habitual de los curtidores ha sido que el costo era prohibitivo o que quedaban pelos cortos que necesitaban ulterior tratamiento mecánico o químico. En un artículo reciente⁽²⁸⁾ se indica que las enzimas no eran específicas y que causaban algún daño a la estructura del grano.

Es indudable que, a escala semiexperimental, las enzimas y otros sistemas han resultado eficaces. Ludvik⁽²⁵⁾ ha señalado en Checoslovaquia un depilado enzimático aceptable (sin embargo no se dispone ya de la enzima).

CUADRO V
CANTIDADES DE CONTAMINANTES PROCEDENTES DE
VARIOS SISTEMAS DE DEPILADO
 (Expresadas en g/kg de cuero crudo)
 (CONTAMINACION PROCEDENTE SOLO DEL DEPILADO)

	<u>PULPA DE PELO</u>			<u>PELO CONSERVADO</u>		
	<u>SULFURO DE CAL</u>	<u>NaOH NaSH</u>	<u>OXIDACION ClO₂</u>	<u>SULFURO DE CAL</u>	<u>DIMETILAMINA (D.M.A.)</u>	<u>ENZIMAS</u>
Sólidos en suspensión	45	14	14	28	24	
D.B.O. ₅	25	29	11	5,5	6,6	14
D.Q.O. (K ₂ Cr ₂ O ₇)	70	100	40		20	34
S ^m	6,5	7,5	0	0,3	0,18	0,3

Con respecto a la explotación comercial y a los ensayos de pruebas, parece que tal vez sólo haya una o dos curtidorías en el mundo con sustitución completa de la cal y el sulfuro, mientras que algunas curtidorías más emplean enzimas seguidas de un tratamiento menos intenso con cal y sulfuro. En consecuencia, es posible que esos sistemas no estén suficientemente desarrollados para que convenga instalarlos en las curtidorías de los países en desarrollo. Cabe señalar que, incluso los sistemas de depilado exentos de sulfuro producen cierta cantidad de sulfuro en el efluente, cifrada entre 10 y 50 mg/litro, debido a la rotura de los enlaces de disulfuro en la gelatina del pelo.

2. SUSTITUCION PARCIAL, REDUCCION DE CANTIDADES Y VOLUMENES DE CAL/SULFURO

El empleo de sulfuro y de sosa cáustica, que aun conteniendo todavía sulfuro, dejaría menor cantidad de sólidos en suspensión en el efluente, es una práctica corriente. El principal problema de este sistema es la necesidad de un control riguroso de la sosa cáustica, ya que basta con pequeñas variaciones para que se reflejen grandes variaciones en la imbibición y el hinchamiento de la piel (mientras que con la cal, la escasa solubilidad de ésta actúa como autorregulador).

3. RECICLAJE DE LOS LICORES CLASICOS DE CAL/SULFURO

Durante el último decenio se han estudiado mucho las posibilidades del reciclaje directo de los licores de cal/sulfuro. Frendrup⁽³⁵⁾ ha indicado un sistema en el que los licores se corregían, a partir del siguiente licor inicial:

300% de agua
5% de cal
4% de Na₂S (60%)

Después de cada lote, el licor se corregía y se consumía cada ciclo de carga:

70% de agua
1,7% de cal
3,0% de Na₂S

Se ha indicado que esos ensayos de corrección han durado 14 ciclos sin que se observaran efectos nocivos para el cuero. Sin embargo, otros autores⁽³³⁾ han señalado una disminución apreciable del espesor de la piel encalada.

Money y Adminis⁽³⁶⁾ de la C.S.I.R.O. (Australia), han informado sobre un trabajo similar utilizando un baño inicial de:

200% de agua
2% de cal
4% de sulfuro sódico

corrigiendo después de cada carga con:

1,5% de cal
2,2% de sulfuro sódico

y reponiendo el agua hasta los niveles originales. La reposición de agua era del 40 al 55%, y los mayores niveles se daban cuando los sólidos se separaban por filtración antes de la reutilización del licor (la mayor parte de los investigadores en esta esfera señalan muchas ventajas en el tamizado (malla de 1 mm.) para separar los sólidos y los residuos de pelo. Los filtros de acero inoxidable provistos de cepillos parecen ser los más adecuados para esta función, véase el Capítulo IV).

A primera vista, estos sistemas de reciclaje parecen ofrecer un depilado exento de efluente aunque se prolonguen hasta el infinito. Sin embargo, esto puede ser una

simplificación excesiva. Con cada lote de cueros se destruyen y quedan retenidas en el efluente grandes cantidades de pelo y otros productos proteínáceos, en gran parte en forma coloidal. Cabría esperar que el reciclaje tuviera por resultado la acumulación de concentraciones cada vez mayores de productos de descomposición de las proteínas en el licor hasta que se estableciera un equilibrio, con expulsión de grandes cantidades de carga orgánica con los licores intersticiales en la máquina de descarnar y durante el desencalado y otros procesos ulteriores (y que pasara al efluente una gran carga de D.B.O.).

Si en el desencalado y en los procesos siguientes se produjeran esas mayores cargas de D.B.O, resultarían contraproductentes, pues la contaminación, al estar más dispersa, sería más difícil y más costosa de tratar. Sin embargo, Money y Adminis concluyeron en sus ensayos "...que el reciclaje de los licores de cal no aumenta considerablemente el contenido de proteínas de los licores de elaboración posteriores" y llegaron también a la conclusión de que "...algo de proteínas, o de sus productos de degradación, debe quedar retenido o ser absorbido por el cuero cuando se reutiliza un licor."

El trabajo de la C.S.I.R.O. llegó a la conclusión de que los cueros, después del reciclaje del licor de cal, no estaban tan exentos de raíces de pelos como cuando se trataban con licores frescos, pero estimaron que esto podría remediarse en los procesos ulteriores sin desraizado mecánico. También puede ocurrir una acumulación de grasa (que probablemente no será un problema demasiado grave con los cueros de la mayor parte de los países en desarrollo, ya que las cantidades de grasa de esos cueros son pequeñas). Se ha indicado que esto se resuelve si se practica un tamizado antes del reciclaje y la corrección.

Ultimamente, Slabbert⁽²⁰⁾ ha informado sobre ensayos similares de reciclaje con empleo de

3% de Na_2S (60 a 62% de pureza)

2% de cal

en los que encontró economías de productos químicos de:

> 20% del sulfuro normal

40% de la cal

A su vez, el trabajo del C.T.C. de Lyon⁽¹¹⁾ sugiere economías del:

50% de sulfuro sódico

60% de cal

"...referidas a las cantidades teóricamente necesarias y calculadas a lo largo de 20 ciclos".

Slabbert ha indicado que la presencia de niveles altos de cloruro sódico, contenido probablemente en la materia prima curada en salmuera, podía tener un efecto inhibitor para el depilado y el desraizado. Esto puede evitarse si el remojo y el lavado son suficientes.

No cabe duda de que cuando se está instalando un sistema de reciclaje es indispensable un cierto grado de análisis y control. En los países en desarrollo, donde no siempre se dispone de laboratorios y personal de control de la fabricación, podría resultar práctico emplear en esas circunstancias un químico externo, por ejemplo, durante un período de 2 a 4 semanas para ayudar a la implantación del sistema de reciclaje. El equilibrio se establece al cabo de 5 a 6 ciclos, las necesidades de "corrección" pueden controlarse por análisis durante una o dos semanas y cuando se haya alcanzado una estabilidad relativa y evaluado las necesidades de corrección, podría practicarse el reciclaje sólo con análisis intermitentes.

Aloy⁽³³⁾ del C.T.C. de Lyon, señala que empleando un sistema de reciclaje que sólo tenía un tamiz vibratorio (de 1 mm de malla), una curtiduría francesa con una entrada de 25 t de cuero bruto al día obtuvo ahorros de 11.000 francos franceses por mes! (es decir, que una curtiduría con 1.000 cueros aproximadamente por día podría obtener ahorros de 8.000 dólares de los Estados Unidos al año).

Aunque se adopte el reciclaje seguirá siendo necesario en una curtiduría tener medios para tratar esos licores de cal usados. Si bien en teoría el reciclaje puede proseguir indefinidamente, en ocasiones puede ser necesario descargar un licor, durante un cierre por vacaciones, o si el licor se ha contaminado. En consecuencia, debería disponerse de un sistema

auxiliar de oxidación catalítica (véase el Capítulo IV) o de una instalación análoga).

4. SISTEMAS MAS COMPLEJOS DE RECICLAJE

Existe una gran variedad de técnicas de reciclaje para reducir al mínimo tanto la carga de sulfuros como la de materia orgánica en los efluentes de curtiduría. Puede suponerse en general que actualmente esas técnicas son demasiado complejas para las curtidurías de la mayor parte de los países menos adelantados y, en consecuencia, aquí únicamente se mencionan los tres siguientes:

- a) La separación del sulfuro, que se practica en muchas curtidurías, los licores se acidifican con lo que el gas H_2S se desprende y se recoge en una solución de sosa cáustica antes de su reutilización ulterior (hace falta un alto grado de control de la fabricación para asegurar que no se produce ningún escape de gas tóxico).
- b) La precipitación de las proteínas, que se ha propuesto como medio de reducir la concentración de contaminantes en el efluente de la curtiduría. Para ello se necesita un método de separación de azufre (oxidación catalítica), seguido de acidificación. El licor consiguiente podría reciclarse hacia los baños de lavado o descalcado. (Véase Fig. III D supra) (Vulliermet⁽⁵⁾, Schubert y Pauckner⁽³⁷⁾).
- c) El ultrafiltrado. Varios de los sistemas patentados de reciclaje y tratamiento del efluente emplean el ultrafiltrado para separar el baño depilatorio agotado. En esencia, el sistema consiste en lo siguiente:

Después de un tamizado mecánico fino, el licor de cal/sulfuro usado se somete a un ultrafiltrado, empleando una bomba y una serie de membranas en una célula de ultrafiltrado. La membrana separa el licor agotado en:

- i) una solución que contiene la cal, el sulfuro y otras sales disueltas, junto con una parte de los productos

de degradación de las proteínas (los que están bastante desintegrados para atravesar la membrana),

ii) un cieno/fango concentrado, que contiene la cal no disuelta y la mayor parte de las materias proteínicas.

Después de un análisis, la solución puede corregirse y reciclarse hacia un nuevo licor de cal, mientras que el cieno puede someterse a un tratamiento ulterior antes de su eliminación.

Actualmente, el equipo de ultrafiltrado es carísimo. Sin embargo, si como parece probable, esas unidades tienen cada vez más aceptación en las curtidorías de los países desarrollados, es de esperar que su costo se reduzca y su fiabilidad vaya en aumento, con lo cual podrán ser generalmente adecuadas para su empleo en las curtidorías de los países en desarrollo.

D. CURTIDO AL CROMO

1. ANTECEDENTES

Desde hace mucho tiempo se reconoce que la mayor parte de las tecnologías de curtido al cromo son un tanto ineficaces, debido a las bajas concentraciones de cromo fijadas a partir del baño curtiente, unidas a la "hemorragia" de cromo en los procesos ulteriores.

El problema de si el cromo trivalente contenido en el efluente y en el cieno tiene un grave efecto tóxico resulta algo académico, pues en muchos países sólo se permite la descarga de niveles muy bajos de cromo. Si se acepta esta situación, resulta imperativo que los curtidores evalúen su situación actual y decidan la forma de reducir al mínimo sus descargas de cromo.

En los últimos años, la investigación encaminada a reducir al mínimo la descarga de cromo ha incluido los tres sectores principales siguientes:

Técnicas de alta fijación de cromo: estas técnicas se han desarrollado generalmente mediante el empleo de adiciones de

ácidos dicarboxílicos, que pueden reducir hasta un 99% de fijación de la oferta de cromo con bajos niveles concomitantes de cromo en el efluente.

Reciclaje: el baño usado de cromo se recicla para formar la base del siguiente baño de curtido o de "piclaje".

Precipitación: los licores que contienen cromo se recogen y se tratan con un álcali para precipitar el hidróxido crómico que, una vez separado del líquido sobrenadante, puede redisolverse para su uso (o incluso desecharse en un lugar de vertimiento controlado).

El consultor cree que cada uno de estos tres métodos es técnicamente factible, produce grandes ventajas económicas y bajas concentraciones de contaminantes, se ha comprobado y aceptado comercialmente y puede recomendarse. Los curtidores deben evaluar la técnica más adecuada, en función de sus circunstancias particulares.

2. TECNICAS DE ALTA FIJACION DE CROMO

En un reciente estudio de la B.L.M.R.A., realizado por Covington⁽³⁹⁾, se indican niveles típicos de fijación de cromo. El autor preparó balances de cromo de unas 72 cargas diferentes de cuero en 12 curtidurías del Reino Unido. Encontró grandes discrepancias en la fijación de cromo, que se resumen en el Cuadro VI.

Los datos del Cuadro VI respaldan sin duda la opinión de que la tecnología actual de curtido al cromo es con frecuencia ineficiente desde el punto de vista económico y confirman que pueden pasar al efluente grandes cantidades de cromo, tanto del baño de curtición "agotado" como de los procesos ulteriores.

Los curtidores no ignoran que los siguientes factores favorecen la fijación de cromo:

- Baños pequeños
- Aumento de la temperatura
- Aumento del tiempo de curtido
- Aumento de la alcalinización
- Disminución de las sales neutras

CUADRO VI
BALANCES DE CROMO
(Según Covington⁽³⁹⁾)

<u>Porcentaje de la oferta de cromo en:</u>	<u>Curtidurías de bovino</u>		<u>Curtidurías de ovino</u>		<u>Curtidores de pieles</u>	
Cuero	55	a 79	48	a 95	52	78
Licor de curtición agotado	34	14	27	1	41	25
Licor de escurrido	8	5				
Licor de drenaje	2	1				
Licor postcromo			24	1	6	-
Total	99	99	99	97	99	103

Con el empleo de estas técnicas es posible aumentar los niveles aparentes de fijación de cromo entre un 80 y un 85%, pero la cantidad de cromo no utilizado sigue siendo demasiado grande para satisfacer los límites impuestos con frecuencia a las descargas. Además, el cuero retendrá licres intersticiales que contienen cromo no fijado, que rezumará en los procesos ulteriores (escurrido, neutralización, etc.), revelando que la fijación real de cromo es inferior a la citada supra.

Los trabajos recientes, algunos patentados, examinados a obtener niveles más altos de fijación de cromo se han centrado en la incorporación de ácidos dicarboxílicos y de sus sales (compuestos alifáticos de 4 a 6 átomos de carbono, por ejemplo, adípico y sustancias aromáticas, por ejemplo, ftálico) al curtido al cromo. Estas materias se utilizaban ya tradicionalmente en los procesos de "piclaje" y curtido al cromo como agentes enmascarantes. Luck⁽³⁸⁾ señala la eficacia de un nuevo sistema en el que se emplea material dicarboxílico como adición en segunda fase a un proceso de curtido al cromo. El proceso, después de un breve "piclaje", comienza con una pequeña oferta de sal curtiente de cromo básica al 33% y se completa con la adición de un compuesto curtiente de cromo autoalcalinizante y ácido dicarboxílico.

Luck, argumentando a favor de las operaciones de "alta fijación de cromo" en contraposición a las eficiencias de los sistemas de reciclaje (véase III D 3 *infra*) considera que la principal ventaja de la "alta fijación" es que la "hemorragia" de cromo no fijado en el cuero (y en los productos de aserraje) en los procesos ulteriores se reduce mucho y se logra una utilización más económica del cromo. El artículo de Luck⁽³⁸⁾ ha analizado el contenido de cromo del baño de curtido residual y los procesos subsiguientes en un sistema de reciclaje típico comparado con un "buen proceso de agotamiento", empleando como ejemplo cueros y sus productos de aserraje, y ha obtenido los resultados que pueden verse en el Cuadro VII.

Luck ha hecho además un balance de cromo para los dos sistemas de curtido, cuyo resumen figura en el Cuadro VIII.

CUADRO VII
CONTENIDO DE OXIDO DE CROMO DE LOS BAÑOS
(Según Luck⁽³⁸⁾)

(g/litro de Cr₂O₃)

<u>Procesos</u>	<u>Reciclaje</u>	<u>"Buen agotamiento"</u>
Baño residual de curtición	6,4	0,7
Baño de recurtición	0,94	0,15
Baño de lavado	0,20	0,08
Licor graso	0,20	0,08
<hr/>		
Primer baño de lavado de serrajes	0,71	0,18
Segundo baño de lavado de serrajes	0,43	0,08
Tercer baño de lavado	0,23	0,05

Es cierto que, según los datos del Cuadro VIII, el sistema de alta fijación de cromo parece ofrecer un 75% más de reducción de cromo en las descargas (efluente y desechos sólidos, según el sistema de tratamiento empleado) que un sistema de reciclaje.

CUADRO VIII
BALANCE DE CROMO: RECICLAJE EN COMPARACION CON BUEN AGOTAMIENTO

(Expresado en kg Cr₂O₃/t de piel)

<u>MATERIALES EMPLEADOS</u>	<u>RECICLAJE</u>	<u>PROCESO CON BUEN AGOTAMIENTO</u>
Reciclaje	4,4	
Nuevo material	16,0	14,3
	—	—
Total empleado	20,4	14,3
	—	—
En el cuero después del curtido	16,0	14,08
Baño residual del curtido	(4,40)	0,22
Licores de apilado, escurrido, aserraje	1,30	0,14
Baño de recurtido residual	1,08	0,24
Lixiviados posibles de aserraje y afeitado	0,81	0,18
	—	—
Total de cromo no utilizado	3,19 kg Cr ₂ O ₃	0,78 kg Cr ₂ O ₃

Sin embargo, cabe hacer una advertencia para señalar que esos procesos patentados, en la forma en que se dispone de ellos hoy día, pueden no ser adecuados al 100% para todas las producciones. Algunos curtidores de países en desarrollo han señalado dificultades para obtener las altas temperaturas finales necesarias, debido posiblemente al pequeño tamaño de los bombos empleados, con los menores grados consiguientes de acción mecánica. También se ha señalado lo contrario: en regiones de elevada temperatura ambiente, ha habido dificultades para mantener la temperatura por debajo de los niveles recomendados. Se ha señalado que algunos sistemas de alto agotamiento no sirven para los cueros pesados y, en general, no son adecuados en circunstancias en las que se emplean diversas operaciones de curtido para obtener variaciones de tacto, suavidad, etc. En consecuencia, si se elaboran pieles o cueros

ligeros y medios, con sólo un corto número de procesos normalizados, el proceso patentado de "buen agotamiento" puede recomendarse para obtener menores concentraciones de Cr_2O_3 en el efluente. Las economías en la oferta de cromo compensarían con creces el incremento de los costos debido a la adquisición de los materiales patentados.

3. RECICLADO

Tradicionalmente, el "piclaje" y el curtido al cromo se realizaban en baños separados. Sin embargo, hoy día, en la mayor parte de las curtidurías parecen ser más comunes los baños pequeños de "piclaje" no equilibrados a los que se añade ulteriormente cromo. Sin embargo, el "piclaje" en cubas de paletas sigue siendo con frecuencia una práctica corriente en la elaboración de pieles y, por lo tanto, debe indicarse esta sencilla forma de reciclaje posible.

a) "Piclaje"

Un licor inicial de "piclaje" de:

500% de agua

50% de sal

5% de ácido sulfúrico

puede analizarse antes y después del uso (cuando se ha restablecido el volumen original) utilizando un hidrómetro para la sal y una simple valoración para el ácido. Podrían obtenerse los siguientes resultados:

	<u>Baño inicial</u>	<u>Baño usado</u>	<u>Necesidades de corrección</u>
Agua	100%	70 a 80%	Restablecer el nivel original
Sal	10%	9%	1%
Acido sulfúrico	1%	0,8%	0,2%

Las adiciones de productos químicos necesarias para restablecer la concentración inicial del licor pueden calcularse fácilmente.

Si bien esta regeneración sencilla del baño de "piclaje", perfectamente al alcance del control tecnológico de todos los curtidores, no tiene un efecto apreciable sobre las principales

30

materias tóxicas de los efluentes, puede, al reducir la salinidad del efluente de curtiduría, resultar aceptable desde el punto de vista ambiental, especialmente en zonas en las que las curtidurías descargan en las aguas superficiales y esas aguas se utilizan más abajo con fines domésticos y agrícolas, donde la salinidad tiene un efecto ambiental negativo. Las ventajas de economía de la oferta de productos químicos son evidentes por sí mismas.

b) Reciclaje en el curtido al cromo

Durante mucho tiempo se creyó que el concepto del reciclaje de los licores del curtido al cromo usados estaba preñado de peligros, pues se temía que de los muchos complejos de cromo diferentes conocidos en las materias empleadas en el curtido al cromo, algunos serían absorbidos diferencialmente por la piel dejando un residuo de ciertos otros complejos y otros componentes que se acumularían en el licor durante el reciclaje. Se creía que esa absorción diferencial produciría características cada vez más diferentes del cuero tratado con licores reciclados. El trabajo realizado en la C.S.I.R.O. (Australia), publicado en los años 70, demostró que esto no era así y que a todos los efectos prácticos la absorción de los complejos de cromo se efectuaba uniformemente.

En 1973, Davis y Scroggie publicaron una serie de artículos⁽⁴⁰⁻⁴⁴⁾, hoy día clásicos, sobre ensayos de reciclaje del licor de cromo realizados en el laboratorio y en la curtiduría. Sus artículos detallaban inicialmente un sistema de reciclaje adecuado para utilizarlo con un baño de "piclaje" en equilibrio durante la noche⁽⁴²⁾, después de lo cual el licor de cromo usado, una vez tamizado se "corregía" antes de utilizarlo para la siguiente carga. Posteriormente publicaron los detalles⁽⁴³⁾ de un proceso de reciclaje adecuado para su empleo con baños de "piclaje" de corta duración no equilibrados, en los que el licor de cromo usado se reciclaba para obtener un licor de "piclaje" para la carga siguiente. Este sistema parece tener más probabilidades de encontrar aceptación comercial. Los investigadores de la C.S.I.R.O. publicaron⁽⁴⁵⁾ un artículo posterior basado en las pruebas realizadas en curtidurías en el

que se describían los requisitos y los problemas generales del reciclaje del licor de cromo. En época más reciente, los investigadores de la B.L.M.R.A. estudiaron y publicaron⁽⁴⁶⁾ sistemas de reciclaje del licor de cromo que se utilizan actualmente en las curtidurías, con indicación de sus eficacias. A continuación se describe la esencia de esos procesos:

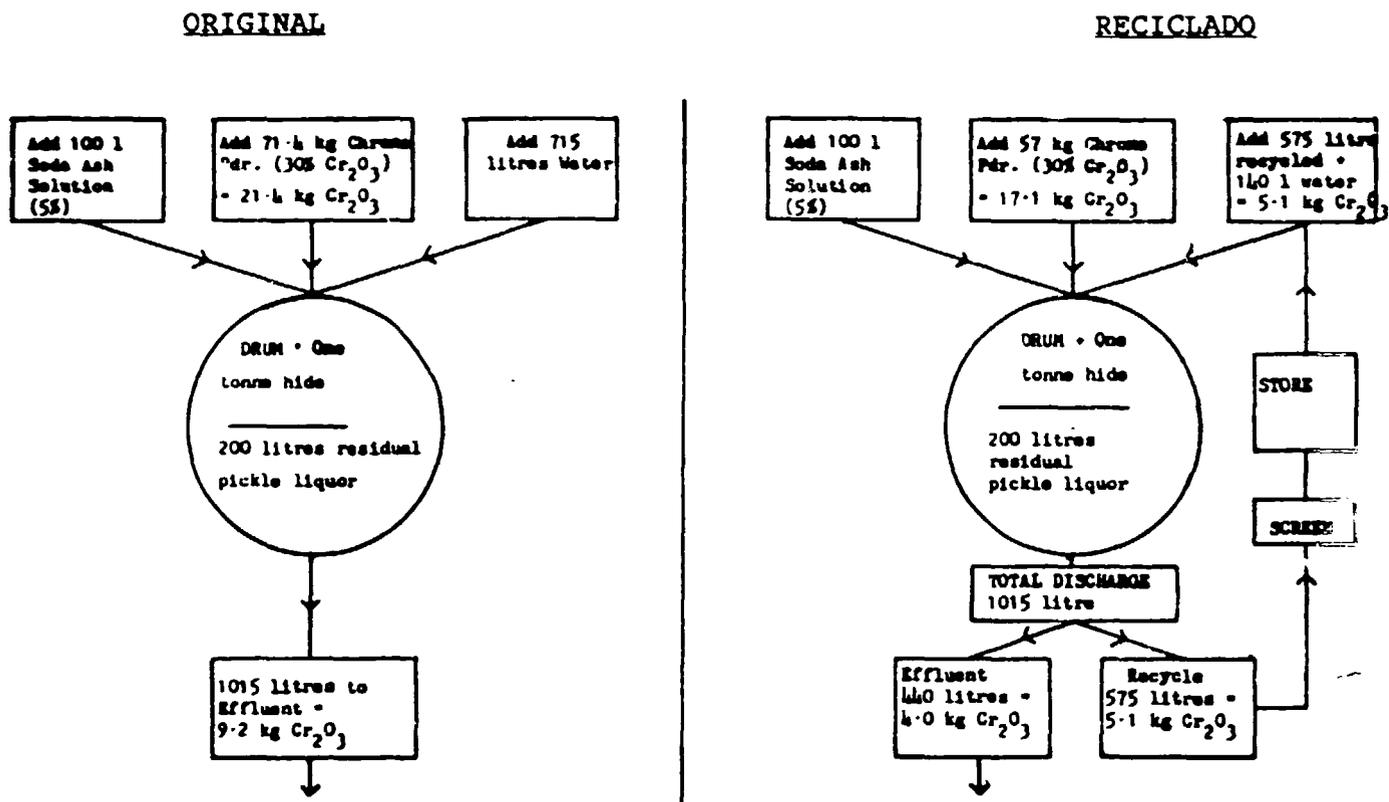
i) Reciclaje de licores de cromo usados
(para curtido)

Uno de los principales problemas de los sistemas sencillos de reciclaje es la baja eficiencia y el drenaje irregular de la mayor parte de los bombos en uso. Por ejemplo, es muy posible que una carga de piel "piclada" y supuestamente "drenada" en un bombo retenga un 20% de baño residual. Como después del curtido el cuero se saca del bombo y se deja drenar, permaneciendo 48 horas apilado, cada ciclo tendrá a su disposición: todo el baño de curtido más, por ejemplo, el 20% del baño de "piclaje" arrastrado, junto con el líquido introducido con el licor de cromo y las adiciones de alcalinización. Es evidente que este volumen creciente no puede reciclarse y que este sistema de reciclaje directo sólo puede ser parcial. En otras situaciones de curtiduría no existen instalaciones para recuperar en el sistema colector todo el baño descargado con los productos curtidos, lo que tampoco permite más que un reciclaje parcial.

La Fig. V es un esquema de un ensayo básico típico de reciclado tomado de uno de los estudios monográficos sobre curtidurías realizados por la B.L.M.R.A. Un breve examen del proceso "original" en comparación con el proceso de "reciclado" permitirá a un técnico apreciar los puntos esenciales. En cada curtiduría, los parámetros básicos deben determinarse por medición y análisis (el contenido de cromo del licor requerirá inicialmente un análisis químico, pero una vez que el sistema esté operacionalmente estabilizado pueden bastar los métodos colorimétricos de análisis).

FIGURA V

RECICLAJE DEL CROMO (Según Arnoldi y Covington⁽⁴⁶⁾)



En la Fig. V puede verse que la proporción del reciclado es del 57%. Esto se atribuyó a la pérdida del 43% de los licores en la curtiduría, mientras se sacaban los cueros del bombo. Con una recogida más eficaz del licor pueden conseguirse mayores proporciones de reciclaje, recordando, como se ha dicho anteriormente, la imposibilidad de reciclar el 100% del baño. Ese 57% de reciclado puede ser una proporción típica de rendimiento en una curtiduría existente en la que se han empleado medios mecánicos improvisados para permitir ese reciclaje. Los sistemas más eficaces de drenaje y recogida de una nueva fábrica podrían aumentar la proporción de reciclado hasta ± 80% del baño total descargado.

El sistema de reciclaje indicado en la Fig. V efectuaría:

una reducción del 24% de la oferta de cromo nuevo
una reducción del 57% del cromo descargado.

ii) Reciclaje de los licores de cromo usados al
"piclaje"

El proceso detallado por Davis y Scroggie⁽⁴⁴⁾ (45)
era:

<u>Carga inicial</u>	60%	de agua
	6%	de sal bombo a 13 r.p.m. durante 10 minutos
<u>Añadir</u>	1,6%	de ácido sulfúrico (65%)
	0,35%	de ácido fórmico (85%), bombo 110 minutos
<u>Añadir</u>	2,25%	de Cr_2O_3 (azúcar reducido 38% básico)

Bombo 7 horas

Alcalinizar con ceniza de sosa en dos etapas durante
cuatro horas.

El licor de cromo usado se descargaba luego del bombo
y se pasaba a una vasija de almacenamiento a través de una
tela metálica de alambre grueso. Se realizaba entonces el
análisis del cromo, la sal, etc.

Cargas sucesivas

"El licor residual de cromo procedente del lote
anterior, después de las adiciones de ácido sulfúrico y
ácido fórmico* se utilizaba para obtener un nuevo baño de
"piclaje", añadiendo:

1,65% de ácido sulfúrico (65%)

0,28% de ácido fórmico (85%)**

* El ácido necesario para la corrección dependerá de los
niveles de alcalinización empleados durante el curtido.

** La reducción de la oferta de ácido fórmico tiene por objeto
evitar una acumulación de la concentración de ion formiato
o de complejos de cromo sumamente enmascarados en los
licores reciclados.

Después de dos horas de funcionamiento se añadía la oferta de cromo reducido calculada (después de un análisis del baño reciclado).⁴⁵ Davis y Scroggie han señalado el reciclaje de más del 80% del baño usado y han encontrado en sus ensayos que el cromo necesario era el 78% de la oferta original.

Sharp⁽⁴⁷⁾ ha descrito en la práctica un sistema de reciclaje en el que el licor de cromo se bombea desde el procesador de cuero, a través de un tamiz autolimpiador, hasta un tanque de almacenamiento para su refrigeración. Se reciclan unos dos tercios del baño y el resto se descarga en la alcantarilla del efluente. Este autor subrayó que cuando el sistema se instaló en 1975 se basó en las ventajas económicas, y no en consideraciones ambientales.

Arnoldi y Covington⁽⁴⁶⁾, estudiando los procesos empleados en las curtidurías del Reino Unido, encontraron que era posible un reciclaje del 70% del baño con un ahorro del 25% de la oferta de cromo, como puede verse en la Fig. VI.

Incluso con el 70% de reducción de las descargas de cromo en el efluente, los investigadores de la B.L.M.R.A. señalan que la contribución de cromo al efluente de ese proceso de reciclaje era de 55 mg/litro de Cr (III).

Otra ventaja del reciclaje de los licores de cromo usados al proceso de "piclaje" es que la salinidad del efluente se reduce mucho.

El fundamento de emplear un licor que contiene cromo como baño de "piclaje" es que, en las condiciones normales, el ácido y la sal de ese licor penetran en el cuero más deprisa que los complejos mayores de cromo, con lo que la piel no está hinchada ni sobrerreactiva cuando el cromo entra en contacto con ella.

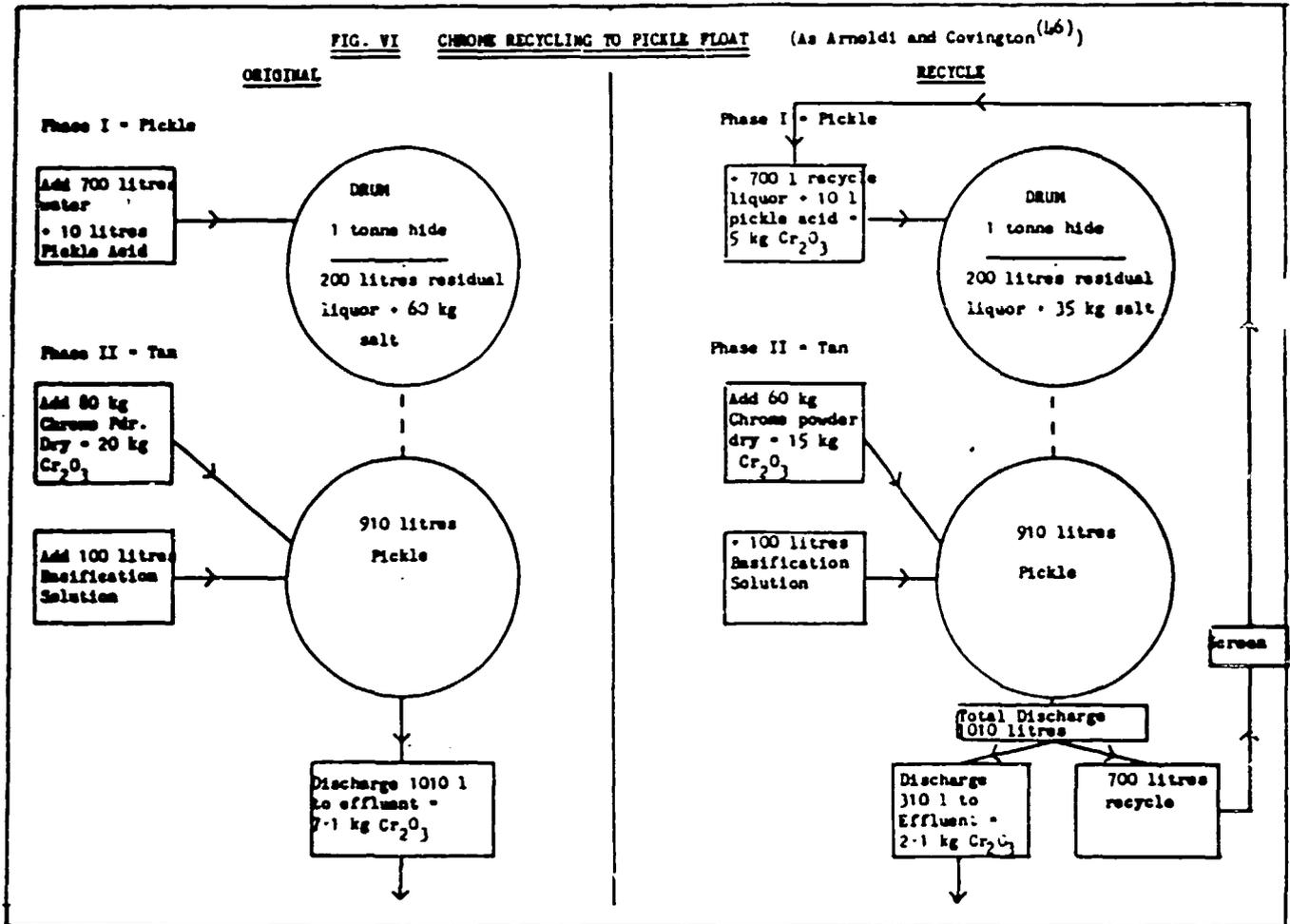
Nota sobre el funcionamiento de los sistemas de reciclaje

El empleo del proceso esbozado supra producirá una importante alteración en la concentración de sales neutras.

FIGURA VI RECICLAJE DEL CROMO AL BAÑO "PICLAJE"
(Según Arnoldi y Covington⁽⁴⁶⁾)

ORIGINAL

RECICLADO

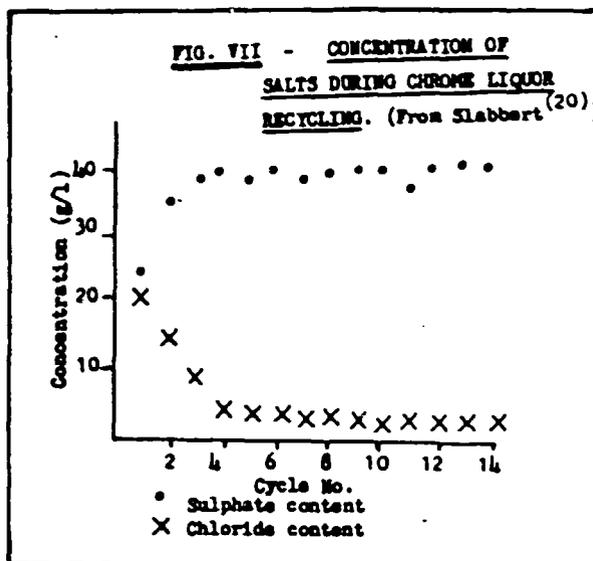


Inicialmente, el licor de cromo residual tendrá un alto contenido de cloruro (procedente del "piclaje" con sal común), que irá disminuyendo durante el proceso de reciclaje y será sustituido por sulfato que entra en el sistema como componente de la sal curtiende de cromo.

Slabbert confirmó en L.I.R.I.⁽²⁰⁾, el cambio en la concentración de sales neutras (véase Fig. VII) y señaló economías del 15 al 20% del agente curtiende de cromo, además del 100% de sal común.

FIGURA VII

**CONCENTRACION DE SALES DURANTE EL RECICLADO DEL LICOR DE CROMO
(Según Slabbert⁽²⁰⁾)**



Como se ha dicho anteriormente, la situación ideal sería la que permitiera recoger todo el cromo usado, tanto del baño de curtido, del que se extraen las pieles, como de los drenajes del tendido, el escurrido y otros procesos ulteriores.

Sin embargo, en la mayor parte de las curtidurías esto no es posible sin una completa remodelación técnica. En la mayor parte de las situaciones debe procurarse recoger los volúmenes importantes, como mínimo los principales licores del baño, del drenaje y del escurrido, a fin de justificar los controles adicionales necesarios y obtener un beneficio suficiente de la disminución de los aportes de productos químicos.

El reciclaje requiere un control y una vigilancia regulares; inicialmente la mayor parte de los licores requieren un análisis. Una vez que el sistema se ha estabilizado, el control puede hacerse generalmente mediante pruebas sencillas, con sólo alguna necesidad ocasional de un análisis completo. El pH y la densidad orientarán sobre la acidez y el contenido de sales.

Los investigadores de la C.S.I.R.O.⁽⁴⁵⁾, que han estudiado algunos de los problemas inherentes al reciclaje, señalan que durante el "piclaje" y el curtido puede producirse un ligero hinchamiento ácido si estos procesos no están debidamente controlados, debido a concentraciones salinas incorrectas. Indican que "...el control de la concentración de sal en el licor reciclado a un nivel que limite el hinchamiento de la piel al mismo grado que en un proceso normal es crítico". La desviación de esa concentración correcta de sal puede deberse a las siguientes causas:

:- un deficiente drenaje de la piel antes de la entrada del licor de "piclaje" puede producir una dilución excesiva de las sales presentes (si el drenaje no es controlable puede ajustarse el contenido de sal añadiendo entre un 1 y un 2% de cloruro sódico según las pruebas de densidad).

:- el producto curtiente de cromo empleado puede contener sulfato sódico en una cantidad insuficiente para mantener las sales neutras totales a un nivel adecuado para impedir el hinchamiento. El contenido de sulfato sódico de los productos curtientes de cromo patentados varía entre el 3 y el 30%. (Davis y Scroggie utilizaron en su trabajo un producto que contenía el 24% de Na_2SO_4 y con esta adición automática de sal neutra concluyeron que el balance de sal neutra era fácil de mantener). (En el estudio de procesos de la B.L.M.R.A.⁽⁴⁶⁾, representado en la Fig. VI se utilizaron probablemente productos de cromo con menor contenido de sulfato sódico, lo que exigía una "corrección" cíclica con sal común).

:- para el reciclaje se recomendaron baños del 70 al 100%, pues se considera que el empleo de baños demasiado pequeños, por ejemplo, del 30% para el reciclaje plantea problemas, ya que la adición de la oferta de cromo líquido y las adiciones de sustancias alcalinizantes disueltas puede tener un grave efecto de dilución sobre el contenido de sales neutras.

NOTA: Probablemente, la mejor manera de hacer la corrección de los licores de "piclaje"/cromo es emplear una fosa de retención, de modo que en la zona de contacto de la piel con el licor haya una concentración adecuada de sal neutra para evitar el hinchamiento. Si se desea preparar el licor en el bombo, deben tomarse las precauciones normales para añadir primero la sal.

iii) Reciclaje de licores de cromo - Precipitación

Los dos sistemas de reciclado de licores descritos anteriormente exigen que el técnico modifique, en una medida considerable, tanto su tecnología como sus instalaciones. Otro método que requiere poco ajuste de la tecnología, es continuar con el curtido normal al cromo, recogiendo el máximo volumen de los licores que contienen cantidades importantes de cromo (el baño, los drenajes del tendido y el escurrido y a ser posible cualquier lavado de preneutralización), tratando los licores aislados que contienen cromo con un alcalí para precipitar el cromo en forma de hidróxido. Desde este punto, hay dos maneras posibles de utilizar el cromo:

:- El cieno de hidróxido puede pasarse por un filtro-prensa y la torta así obtenida puede redisolverse con ácido sulfúrico y reutilizarse.

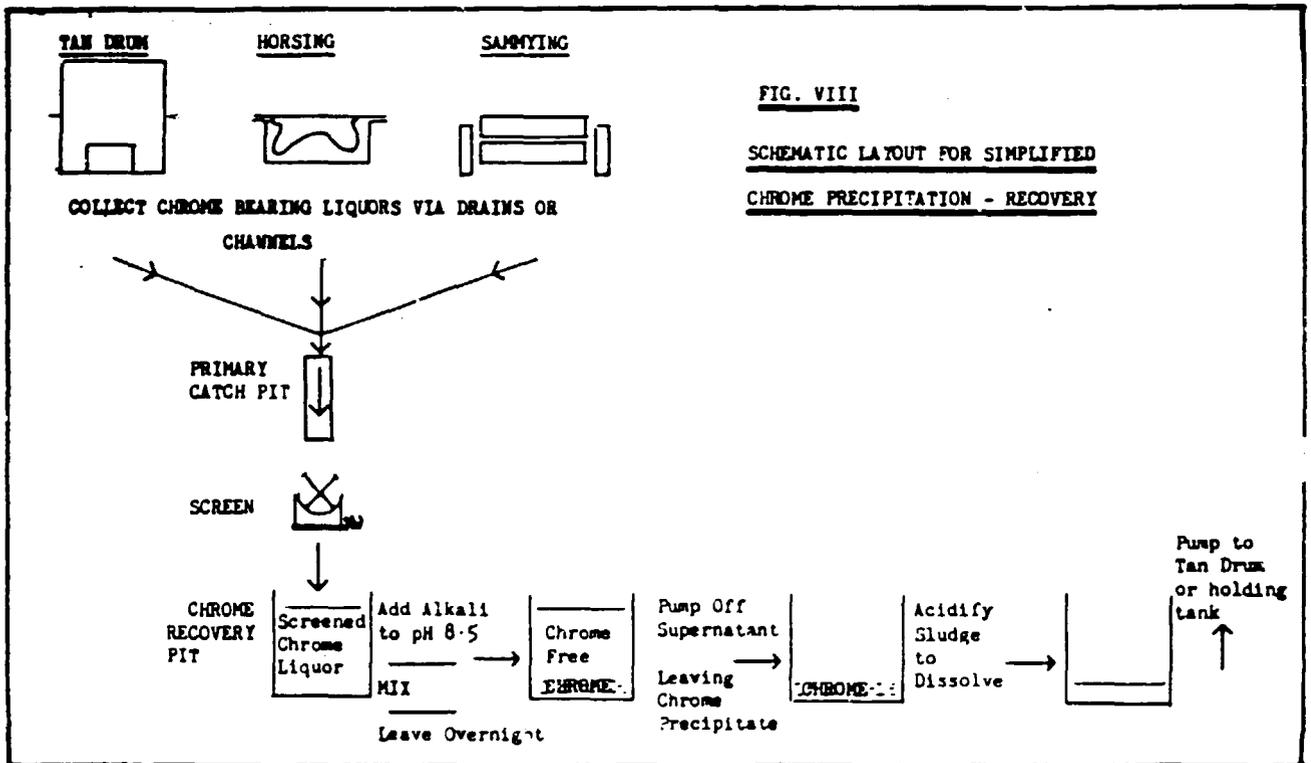
:- El licor puede dejarse en reposo durante la noche, el líquido "exento de cromo" que sobrenada puede extraerse luego y descargarse en la corriente efluente y el cieno de hidróxido depositado redisolverse con ácido in situ y reutilizarse posteriormente. En la Fig. VIII se ve una representación esquemática de este proceso.

NOTA 1: Ref: Precipitación del cromo de los licores agotados

La clase de alcalí que se utilice para precipitar el cromo en los licores agotados dependerá del sistema ulterior de reciclaje. Constantin y Stockman⁽⁴⁸⁾ averiguaron que la cal apagada era "el agente precipitante más eficaz", ya que "el hidróxido crómico precipitado con

cal reacciona favorablemente como los floculantes formando un coágulo grande y consistente, que sedimenta. También encontraron que "un polielectrolito aniónico, el Nalcolyte 677 (NALCO Chemical Co.) era óptimo entre 20 y 30 p.p.m." Este trabajo parece que buscaba la facilidad y la eficacia del tratamiento en un filtro-prensa.

FIGURA VIII
DISPOSICION ESQUEMATICA PARA LA PRECIPITACION
RECUPERACION SIMPLIFICADA DE CROMO



NOTA 2: Como el empleo de filtros-prensa costosos no parece indispensable, el presente documento, orientado hacia los países en desarrollo, se concentrará en la técnica alternativa de redissolver el cieno.

Sin embargo, los investigadores de la T.N.O. señalan⁽⁴⁹⁾ que "...el óxido de magnesio resultó el agente precipitante más atractivo, dando precipitados compactos (10% de Cr₂O₃ en el precipitado húmedo), una gran velocidad de sedimentación (0,25 m/h)"... junto con bajas concentraciones residuales de cromo en el licor sobrenadante (5 mg/l).

En un artículo más reciente de los investigadores de la T.N.O. (50) se recomienda de nuevo el óxido de magnesio como agente precipitante, cuando tiene que haber una separación in situ por decantación. Además señalan que pueden obtenerse resultados comparables empleando hidróxido sódico, pero que las adiciones tienen que hacerse lentamente, a lo largo de unas 10 horas.

Como se necesita un gran exceso de óxido magnésico para alcanzar el pH óptimo de 8,5, sugieren que el método más eficaz es precipitar el primer 80 a 90% del cromo empleando óxido magnésico, después de lo cual se añade lentamente (durante una hora) una solución de hidróxido sódico. A continuación se describe el sistema T.N.O. (50): "...los licores que contienen cromo se pasan a través de una rejilla para separar el material grueso insoluble y se recogen en una fosa, se añade caolín (1 kg/m^3) y la suspensión se mezcla y se bombea a un sedimentador (tanque Dortmund - véase el Capítulo IV); aquí se sedimentan rápidamente la grasa y las fibras con el caolín, y el líquido claro sobrenadante se pasa a un tanque de tratamiento, donde se añade el 80 al 90% de la cantidad teórica de óxido magnésico en forma de suspensión acuosa al 50%. Al cabo de una hora de agitación se añade lentamente el hidróxido sódico hasta alcanzar el pH de 8,5. Después se deja la suspensión en reposo toda la noche para que sedimente el hidróxido de cromo. A la mañana siguiente, el licor sobrenadante, que está casi exento de cromo disuelto (aprox. 2 g Cr/m^3) se evacua por una tubería de decantación."..."En cuanto la cantidad de precipitado es tan grande que no hay sitio para una nueva carga de licor de cromo, se disuelve el precipitado en ácido sulfúrico. Debido al desprendimiento del calor de hidratación y de neutralización, es indispensable que haya refrigeración. Una vez terminada la disolución, el licor de cromo se diluye hasta el volumen calculado y se transfiere a un tanque de almacenamiento para ser reciclado hacia el proceso de curtido"..."La cantidad de ácido sulfúrico necesaria, así como el volumen final del licor de cromo,

son directamente proporcionales a la cantidad de óxido de magnesio y de hidróxido sódico utilizada para la precipitación."

El subproceso de clarificación con caolin dará probablemente resultados superiores, pero requiere una vasija de sedimentación especialmente construida y sin esa clarificación se han señalado resultados técnicamente aceptables.

Se ha indicado⁽⁵¹⁾ que el empleo de una forma patentada de silicato magnésico como clarificador durante el reciclado del cromo ha dado buenos resultados en la Wolverine Tannery de los Estados Unidos. Este proceso podría realizarse sin tanque de sedimentación, bombeando simplemente el licor sobrenadante a otra fosa.

NOTA 3: Los promotores de los procesos de alta fijación de cromo examinados anteriormente señalan que la principal ventaja es que los baños agotados posteriores al curtido contienen bajas concentraciones de cromo. Sin embargo, Langerwerf y Pelckmans⁽⁵⁰⁾ señalan que los procesos de "alta fijación de cromo" pueden dar todavía más de 200 g/m³ de cromo debido a las fibras en suspensión que contienen cromo. El sistema de precipitación y sedimentación de los licores de cromo usados, descrito más arriba, eliminaría ese cromo de los principales licores portadores de cromo. Dichos autores señalan que los licores de recurtido y otros licores que contienen cromo pueden someterse a un tratamiento especial de sedimentación del flujo de cromo para dar un licor clarificado de bajo contenido de Cr₂O₃. (Véase el Capítulo IV).

NOTA 4: Basándose en el bajo costo de instalación de la precipitación, la separación del licor sobrenadante y la disolución directa in situ del cromo, van Vlimmeren calculó en 1979 las economías correspondientes a una elaboración diaria de 25 toneladas de cuero salado húmedo:

Valor del cromo recuperado por año

232.000 D.M.

<u>MENOS</u>	Costo de productos químicos	37.000 D.M.
	Mano de obra (1 hombre)	<u>29.000 D.M.</u>
		66.000

ECONOMIAS NETAS

166.000 D.M.

Así, a los precios de 1979, una curtiduría que elaborase aproximadamente 1.000 cueros al día, podría obtener directamente economías anuales de 166.000 D.M. (aproximadamente 70.000 dólares al año).

En el contexto europeo, donde las cargas relativas al efluente son proporcionales a la concentración de sus componentes, las economías realizadas gracias a la separación del cromo serían cinco o seis veces mayores que los antedichos. En los países en desarrollo cabría prever economías mayores debido al mayor costo del cromo y a los menores costos de la mano de obra.

E CURTIDO VEGETAL

Aunque la importancia del curtido vegetal ha disminuido en años recientes, todavía se emplean mucho tanto el curtido vegetal completo como los curtidos mixtos cromo/vegetal, vegetal/cromo y vegetal/sintano para determinados usos finales, y en varias regiones geográficas el curtido vegetal es el principal proceso empleado por los curtidores autóctonos.

Con respecto al efluente, se ha estigmatizado a los taninos vegetales por la posibilidad de que formen precipitados de color oscuro cuando entran en contacto con metales y por su resistencia a la desintegración biológica. Sin embargo, en compensación, debe reconocerse que no han suscitado una crítica adversa excesiva, pues son productos que existen en la naturaleza (si bien concentrados para su uso en curtiduría).

Los sistemas tradicionales de curtido en fosa a contracorriente eran hasta cierto punto autorreguladores con respecto a las características del efluente, pues cuando los licores se descargaban estaban casi completamente exentos de

taninos. Es posible que los intentos más recientes de acelerar la elaboración empleando mayores concentraciones de taninos en los bombos hayan conducido en algunos casos a descargas de efluentes más concentrados.

Debido quizá a la pérdida de importancia del curtido vegetal, parece que últimamente se ha consagrado muy poco trabajo de investigación a elaborar procesos de curtido vegetal con un efluente mínimo. En el sector del curtido de cuero para suelas, el proceso L.I.R.I. se acepta hoy día universalmente como la base de una elaboración prácticamente "sin efluente". Aunque, incluso con el sistema L.I.R.I. pueden entrar en el efluente cantidades mínimas de taninos procedentes de las operaciones de lavado y apresto posteriores al curtido, esas concentraciones son mucho menores que las que se obtendrían si se descargaran baños curtientes reales.

1. CUERO PARA SUELAS

Shuttleworth⁽⁵²⁾ y otros han calificado de "sin efluente" al sistema liritano de curtido del cuero para suelas. El sistema propuesto y comprobado en la práctica, es acondicionar los cueros de manera que puedan introducirse en un baño curtiente muy fuerte, que permite una penetración y fijación rápidas sin sobrecurtir la capa de grano(flór), prosiguiendo el curtido en un circuito cerrado de fosas controladas.

a) Acondicionamiento

Se realiza después del desencalado, empleando un baño corregido en fosa o cuba de paletas con una duración máxima de un día:

Baño inicial de acondicionamiento:

5% de polifosfato polimérico

2% de ácido sulfúrico

Cuando se extraen los cueros, el licor se corrige con:

2,5% de polifosfato

1,25% de ácido sulfúrico

y está dispuesto para el próximo lote.

b) Curtido

Los cueros acondicionados se suspenden en la última de una serie de fosas o noques (de 6 a 10), y se transportan diariamente o a otros intervalos a lo largo de la serie. El tiempo de curtido puede ser de 2 a 6 días, según la sustancia. El pH se mantiene alrededor de 3,5, con una temperatura constante de 35°C, y el licor se mantiene a 100° BK (13,1 Baume), y se le hace circular alrededor del circuito de modo que cambia cada 4 a 6 horas.

En la Fig. IX se representa esquemáticamente el proceso.

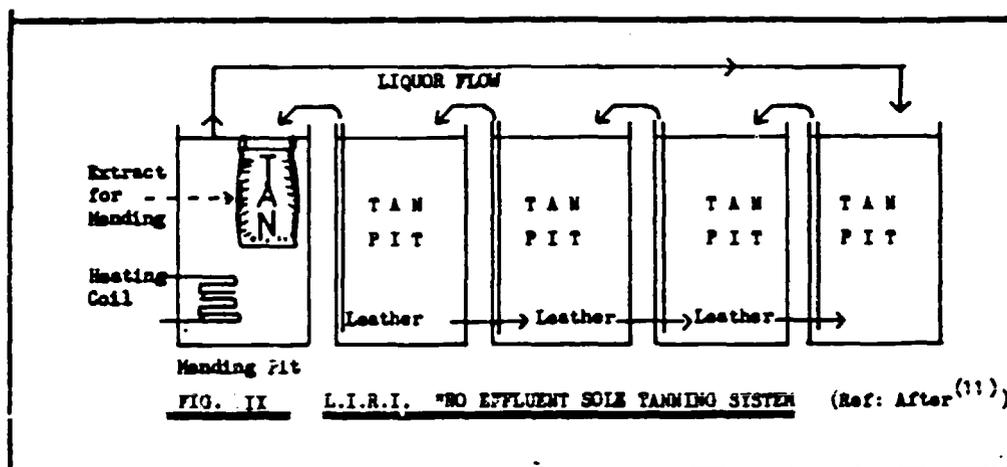


FIGURA IX
SISTEMA DE CURTICION DE SUELAS "SIN EFLUENTE"
(Según⁽¹¹⁾)

La concentración de taninos se mantiene constante por adiciones a la fosa correctora; el extracto puede suspenderse en sacos para conseguir un aumento lento.

Después de un lavado, los cueros pueden aprestarse o someterse a otros tratamientos, según se requiera. El licor de lavado, parte del cual puede usarse para reponer el nivel del sistema en sustitución del licor perdido al retirar los cueros, contendrá algo de tanino.

Se han propuesto sistemas similares de curtido en circuito cerrado "sin efluente" empleando sintanos "acondicionantes", y aunque quizá no sean tan económicos como el sistema L.I.R.I.,

Duración hasta que penetre, aproximadamente de 5 a 8 horas, según el peso medio de las pieles

Lavado

Blanqueado

Engrasado, etc.

Para reducir al mínimo los contaminantes en el efluente, podría recuperarse el 30% del baño en los drenajes del tendido y reutilizarse en lugar de la adición de tanino/agua para la próxima carga.

Este proceso podría aplicarse a otros taninos desecados por pulverización y es adecuado para las pieles y los cueros ligeros y medios ajustando la oferta de tanino a la sustancia del cuero y al producto acabado.

F. COSTOS DE INTRODUCCION DEL RECICLAJE Y OTRAS TECNOLOGIAS

Dada la gran disparidad en el costo del equipo, de las tuberías y de la ingeniería industrial según el país, es imposible ni siquiera sugerir precios reducidos para la instalación de los sistemas de reciclaje. Como mínimo, un sistema no automático de 1 ó 2 bombos tan elemental como el representado en la Fig. IV supra podría instalarse por menos de 1.000 dólares. Prácticamente, sólo son indispensables una bomba, las tuberías y la fosa colectora, mientras que una unidad más compleja para el mismo propósito costaría por encima de los 10.000 dólares (véase el Anexo IV - Instalaciones y Equipos Disponibles para Proyectos de Tratamiento del Efluente de Curtiduría).

Sin embargo, siempre que el grado de complejidad de ese sistema de reciclaje sea compatible con los recursos humanos de que disponen las curtidurías, puede afirmarse decididamente que los beneficios del reciclaje se obtendrían rápidamente. Se ha señalado⁽⁶⁶⁾ que "según el tamaño de la curtiduría, el tiempo de amortización del equipo de reciclaje puede estar comprendido entre 1 1/2 y 2 1/2 años para el reciclaje de la cal y de 1/2 a 1 año para los baños de curtido al cromo".

CAPITULO IV
TRATAMIENTO DEL EFLUENTE DE CURTIDURIA

A INTRODUCCION

1. ANTECEDENTES

Por los capítulos precedentes cabe apreciar que los contaminantes contenidos en el efluente de curtiduría pueden reducirse apreciablemente si se aplican tecnologías más sanas para el medio ambiente. Se considera que en la mayor parte de las situaciones puede conseguirse una norma ambiental razonable si a esos "procesos mejores para el medio ambiente" se les suma la separación de materias específicas, posiblemente tóxicas, como los sulfuros y el cromo. El efluente residual de ese pretratamiento sólo se caracterizaría entonces apreciablemente por su elevada carga de D.B.O.

En muchas circunstancias, la dilución aportada por las aguas receptoras, puede absorber esa carga parcialmente tratada sin trastornos ecológicos excesivos. Se considera que en las situaciones en las que el receptor no ofrece suficiente dilución, el empleo de procesos sencillos, relativamente económicos en costo de capital, que utilicen técnicas fisicoquímicas de sedimentación pueden resultar satisfactorios para separar entre el 85 y el 95% de los sólidos en suspensión junto con entre el 45 y el 70% de la D.B.O. Para los casos en que circunstancias locales dicten un nuevo tratamiento se describe un proceso biológico con empleo de una fosa de oxidación, que es probablemente el sistema de tratamiento secundario más sencillo y robusto comprobado para el tratamiento del efluente de curtiduría.

El consultor reconoce la necesidad de que la instalación de las plantas de tratamiento del efluente de curtiduría pueda hacerse a bajo costo y sólo pretende dar los parámetros básicos del sistema, a partir del supuesto de que en su ejecución efectiva se utilizará el máximo de construcción local, así como los materiales locales más adecuados disponibles a bajo costo. Sólo se recomienda un mínimo de "tecnología importada" y para los elementos importados que se consideren necesarios se cita en

este capítulo una guía de precios de 1982. Sin embargo, en el Anexo IV se encontrará un examen más detallado de las instalaciones y el equipo disponibles a buen precio de 1984.

2. ESTRATEGIA

Este documento acepta el principio de que en la mayoría de los países en desarrollo es más realista establecer una instalación de tratamiento fiable y fácil de manejar para separar hasta el 75% de los contaminantes con un costo moderado, que intentar separar más del 95% de todos los contaminantes a un costo de capital tal vez 10 veces mayor en una instalación muy compleja, fuera del alcance de los conocimientos tecnológicos disponibles, con una clara posibilidad de que al cabo de pocos meses esa instalación tan avanzada sea ineficaz.

3. CIRCUNSTANCIAS LOCALES

El sistema que convenga instalar en una curtiduría particular dependerá del tamaño de ésta, de su producción y del volumen y las características del efluente, de su emplazamiento con respecto a las principales zonas habitadas y del caudal y el estado de las aguas receptoras. No existen parámetros definitivos para orientar esa selección, sino que la elección efectiva del sistema más conveniente sólo puede hacerse después de un análisis in situ de las circunstancias locales. Sin embargo, este documento puede ofrecer indicaciones para ayudar al personal local a hacer esa elección, por lo que se examinarán brevemente algunos sectores pertinentes de interés.

N.B. El presente documento está específicamente orientado hacia las necesidades de los países menos adelantados y en tales circunstancias, se supone que los efluentes de curtiduría se descargarán en las aguas superficiales (ríos o lagos), pues no existen estaciones depuradoras, excepto tal vez en el centro de las principales ciudades o de las capitales.

En los comentarios de este capítulo se supondrá que la curtiduría produce un efluente mixto (curtido al cromo) de características análogas a las indicadas en el Anexo I, con un consumo de agua de unos 45 litros/kg, un contenido de

sólidos en suspensión de 3.300 mg/litro y una D.B.O.₅ de 1.300 mg/litro. Cuando se sepa que los efluentes tienen diferentes características básicas habrá que hacer los ajustes necesarios.

a) Receptor

Como se indica en el Capítulo II, los cálculos han demostrado que "a fin de satisfacer la norma de calidad del agua para sostener la vida normal de los peces, un río receptor debe tener por lo menos un caudal de 6 m³/día por kg de cuero elaborado/día"⁽¹⁾.

De suponer que el consumo de agua en la curtiduría es de 45 litros/kg de cuero, cabe sugerir que 6 m³ (6.000 litros)/día de caudal fluvial pueden admitir 45 litros de efluente de curtiduría/día (es decir, una dilución de 133 veces) sin trastornos ecológicos excesivos.

Una curtiduría que realice descargas puede considerar que no está causando problemas locales si el receptor tiene una dilución efectiva (a lo largo de todo el año) de 133 veces, sin otras descargas importantes de efluentes locales, y podría mejorar su posición si adopta medidas eficaces para separar las dos materias principales que tienen cierta toxicidad potencial (sulfuro y cromo).

Si la dilución que ofrece el receptor es menor de 133 veces, o si otras actividades también están descargando efluentes industriales localmente, será necesario tratar el efluente para reducir proporcionalmente la concentración de contaminantes.

b) Sistemas conjuntos de tratamiento

Las economías de escala de las instalaciones de tratamiento de efluentes son muy grandes, y si hay varias curtidurías en la localidad puede ser rentable instalar una instalación conjunta de tratamiento. En algunos lugares también puede estudiarse la posibilidad de tener una planta mixta de tratamiento para el municipio y las curtidurías. En los Estados Unidos se han señalado⁽¹⁾ economías de escala con una reducción a una sexta parte de los costos de capital por unidad para una producción 20

veces mayor de las curtidorías. Los datos referentes a la India⁽¹⁾ han demostrado que el costo unitario se reduce casi a la mitad para una producción 10 veces mayor.

c) Emplazamiento

La cuestión del emplazamiento de las curtidorías en zonas urbanas que pueden estar densamente pobladas o en zonas rurales escasamente pobladas puede influir en la elección de la tecnología de tratamiento del efluente. En zonas rurales puede haber espacio para las lagunas y otras operaciones, mientras que en las zonas urbanas el espacio puede ser limitado. No menos importante en las zonas urbanas puede ser la cuestión del ruido, ya que algunos sistemas de tratamiento que funcionan 24 horas al día pueden producir niveles de ruido importantes (aireadores, etc.). Sin embargo, ese ruido puede reducirse mediante la elección de otra tecnología; por ejemplo, los aireadores flotantes pueden sustituirse por aireadores sumergidos que son más silenciosos y, en todo caso, cualquier costo debe contraponerse a la mejora del medio ambiente general, si se suprimen los malos olores que emiten algunas curtidorías.

B TECNOLOGIAS PARA EL TRATAMIENTO PRIMARIO

Incluso para aplicar las tecnologías elementales de tratamiento del efluente parece indispensable que en alguna etapa de las fases se disponga de los licores de curtidoría separados en tres corrientes:

Licores de cal (concretamente los licores que contienen sulfuro, incluida el agua del descarnado y el primer baño de descalcado).

Licores de cromo (incluidos los licores del apilado y el escurrido).

Otros licores

Tamizado

Antes de examinar los sistemas de tratamiento, debe señalarse que es esencial procurar que todas las corrientes efluentes se tamicen de alguna forma para separar los grandes

fragmentos que en otro caso bloquearían las tuberías, las bombas y los sumideros.

Puede resultar eficaz una serie de tamices construidos localmente. Esta puede ser una serie de dos o tres tamices, comprendidos entre una rejilla de barras con aberturas de 5 cm hasta una malla fina de 0,5 cm. Estos tamices baratos producidos en la localidad exigirán una limpieza regular (tal vez que en todo momento haya alguien de servicio).

Se dispone hoy día de diversos tamices "autolimpiadores" patentados, construidos con tela metálica (tipo Hydrasieve de Bauer). Cuando están correctamente especificadas, esas unidades son sumamente económicas y eficaces, aunque debe señalarse que muchas de las unidades instaladas, debido probablemente a una especificación errónea, necesitan también una limpieza manual regular.

(Costo posible: 1 m^2 de superficie de tamiz (malla de 1 mm) = 6 a 18 m^3 /hora de caudal, unos 3.000 dólares).

En la práctica, parece que se obtiene un funcionamiento más eficaz y sin mantenimiento con los "tamices de cepillos" (tipo Parkwood). Sin embargo, esas unidades pueden necesitar mayor área de piso, así como un suministro de fuerza para el motor.

(Costo posible: $1,2 \times 1,0 \text{ m}$, 1,6 mm de malla, $30 \text{ m}^3/\text{h}$ de caudal, unos 3.500 dólares).

Bombas

Aunque se emplea la fuerza de la gravedad siempre que es posible, en la mayoría de las instalaciones de tratamiento de efluentes el líquido debe bombearse por lo menos una vez durante el tratamiento. Existe una gran diversidad de bombas adecuadas, pero debe señalarse que incluso después del tamizado, puede haber un volumen importante de pequeños fragmentos y es esencial que las bombas estén proyectadas para manejar ese material de un modo continuo.

1. LICORES DE CAL/SULFURO

Aunque si el contenido de sulfuros de los efluentes de curtiduría está bien diluido sólo tiene un efecto marginal sobre

el agua receptora, apenas hay duda de que, dada la naturaleza maloliente y la toxicidad potencial del gas S_2H , no deben escatimarse esfuerzos para separar los licores que contienen sulfuro y tratarlos hasta reducir considerablemente la concentración de éste.

a) Oxidación catalítica de los sulfuros

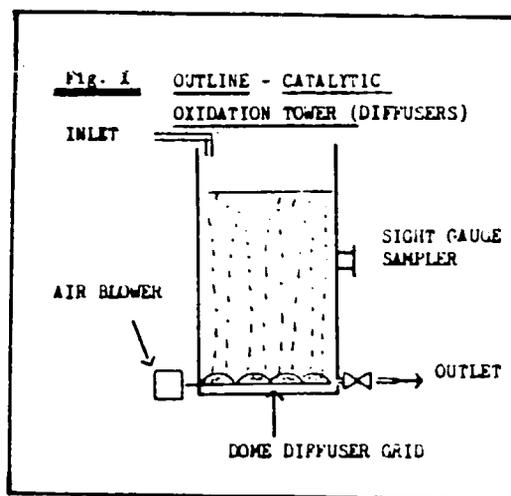
Las técnicas de oxidación catalítica ya están bien establecidas. Bailey y Humphreys publicaron en 1967 un artículo⁽⁵⁴⁾ en el que se describe una tecnología sencilla y económica para separar los sulfuros por aireación en presencia de un catalizador de manganeso. El proceso, que es un sistema por lotes, se ha perfeccionado y comprobado ampliamente en una multitud de curtidurías. Es normal realizar el proceso diariamente para evitar olores si se almacenan los licores viejos.

En la propuesta inicial de los investigadores de la B.L.M.R.A. se utilizaban torres altas (hasta de 5 ó 6 m de altura) por cuya base se introducía el aire necesario (Fig. X). El aire, impulsado por un compresor rotatorio de paletas relativamente barato, atraviesa una red de difusores abovedados de alundón sinterizado con cieno activado normal, donde se difunde. El trabajo de la B.L.M.R.A. sugiere que la intensidad de la aireación debe ser del orden de $0,3 \text{ m}^3/\text{minuto}$ por m^2 de sección transversal del tanque. Con una concentración de catalizador (sulfato manganoso) 100 mg/litro de Mn^{++} y una aireación de 4 a 6 horas, la concentración de sulfuro se reducía de 2.000 mg/litro a 20 mg/litro de S^- .

Inicialmente se consideró que el catalizador, por ser soluble, podía introducirse sin disolver en el sistema. Sin embargo, últimamente otros autores señalan que podría conseguirse una mayor eficacia si el catalizador se disolviera previamente en agua⁽⁵⁵⁾.

Se han publicado informes⁽⁵⁶⁾ en los que se indica el empleo de menores concentraciones de catalizador; al parecer, la T.N.O. ha obtenido buenos resultados con 44 mg/litro de Mn^{++} .

FIGURA X
ESQUEMA DE UNA TORRE DE OXIDACION CATALITICA
(DIFUSORES)



En el trabajo original de la B.L.M.R.A. se indica que con una red de difusores colocados a 30 cm entre centros, cada difusor necesitaría unos 2,0 m³/hora de aire. Una ventaja importante del sistema de compresor-difusor es que los costos (capital y funcionamiento) son bajos y la aireación mediante pequeñas burbujas tiene una eficacia relativamente alta de transferencia de oxígeno (12-20%).

(El costo posible de un compresor de aire para suministrar un máximo de 200 m³/hora es inferior a 1.000 dólares, y el de los difusores de campana o bujía sólo de unos 20 dólares cada uno).

Aunque para algunos usos, los difusores de cuarzo (sílice) pueden ser "autolimpiadores", no sucede así con un licor de cal usado que contiene gran cantidad de sólidos en suspensión, y si los difusores dejan de funcionar con un licor de cal necesitarán una limpieza periódica para impedir que se obstruyan. Este problema puede evitarse si se inyecta aire todas las veces que esté presente el licor.

También sería posible que el licor pasara por un sedimentador antes de la oxidación catalítica; esto disminuiría la cantidad de sólidos en suspensión en el licor que va a tratarse, para disminuir los problemas de obstrucción de los

difusores, pero los sólidos en suspensión en el cieno así extraído seguirían conteniendo sulfuro y resultaría más difícil eliminarlo.

Durante el proceso de oxidación catalítica puede producirse algo de espuma (en los ensayos iniciales de la B.L.M.R.A. se concluyó que el Mobilpar W era un agente antiespumante adecuado. Los operarios prácticos han sugerido el empleo de una pequeña aplicación de keroseno).

Ultimamente se ha realizado la oxidación catalítica empleando aireadores flotantes o aireadores sumergidos robustos. La elección de aireador dependerá de las circunstancias locales.

Los aireadores flotantes de tipo turbina, por ser muy robustos aunque bastante ruidosos, son sencillos de instalar; por lo común, montaje flotante con anclaje a tres patillas en la periferia del recipiente. No están expuestos a obstrucción y son indudablemente muy adecuados para los sistemas de oxidación catalítica de gran volumen ($> 100 \text{ m}^3$); se ha indicado que tienen índices de transferencia de oxígeno aproximadamente de 1 a 2 kg de oxígeno por kw/hora.

(Costo posible: un aireador de 1 CV, el menor disponible = unos 6.000 dólares, de 7,5 CV = unos 15.000 dólares).

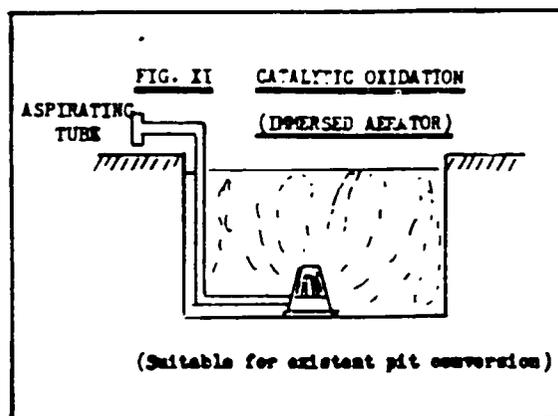
Los aireadores sumergidos, con tubos de aspiración, son apreciablemente más silenciosos que los aireadores flotantes y pueden emplearse en una curtiduría en la que una fosa ya existente se haya convertido en un recipiente de oxidación catalítica. Se ha indicado una transferencia de oxígeno $> 2 \text{ kg}$ de oxígeno/kw/hora.

(Costo posible: aireador de 2,5 kw (el modelo más pequeño) = unos 3.500 dólares; de 20 kw = unos 12.000 dólares).

NOTA: Los recipientes de tratamiento pueden ser rectangulares o redondos y estar contruidos con materiales adecuados localmente disponibles. En algunas circunstancias, en los recipientes circulares la colocación de pantallas verticales puede aumentar el rendimiento al suprimir el problema de que toda la masa de

licor forme remolinos en el recipiente. El volumen de los recipientes dependerá del de los baños con sulfuro que deban recogerse dejando entre un 20 y un 30% de altura libre para contener la espuma que pueda formarse.

FIGURA XI
OXIDACION CATALITICA
(AIREADOR SUMERGIDO)



El tamaño del sistema de aireación puede calcularse aproximadamente, aunque no se disponga de ningún análisis. Así, conociendo la oferta inicial de sulfuro cabe suponer que quedará un 50% disponible para la oxidación catalítica. Por otra parte "1 g de sulfuro ($S^{\bar{2}}$) corresponde a 3,94 g de Na_2S técnico (62% de pureza)"⁽¹¹⁾, lo que permite calcular el contenido de sulfuro. A su vez, para oxidar 1 kg de sulfuro se necesitan 0,75 kg de oxígeno^(según 11). Con estos datos, (véase supra), pueden calcularse los kw que tienen que instalarse. Se supone que es conveniente una duración del proceso de 4 a 6 horas por lote.

Otro procedimiento consiste en calcular el volumen de aire necesario para los compresores teniendo en cuenta que 1 m³ de aire = 0,28 kg de oxígeno. Si la eficacia de la transferencia es del 12%, se tiene

$$1 \text{ m}^3 \text{ de aire} = 0,034 \text{ kg de oxígeno}$$
$$\text{es decir, } 30 \text{ m}^3 \text{ de aire} = 1 \text{ kg de oxígeno.}$$

El sistema de oxidación catalítica por aireación esbozado supra tiene una importante desventaja. La oxidación no llega completamente a la forma de sulfato. Se ha indicado que el

sulfuro se oxida hasta la forma de thiosulfato que se descompone luego en azufre y sulfuro en equilibrio. Si el licor así tratado se deja en reposo durante cierto tiempo, se vuelve a formar azufre y puede producirse S_2H .

En una expansión reciente sobre este tema⁽⁵⁷⁾ se indican los resultados obtenidos en la práctica. Stevens, tratando todos los licores que contienen sulfuro (es decir, hasta el "piclaje"), concluyó que con los grandes volúmenes tratados, una concentración de catalizador de 50 a 75 mg/litro de sulfato manganoso reducía el contenido de sulfuro de 800 ppm a 5 ppm con 3 1/2 a 4 horas de aireación. Un suministro de aire de 400 pies cúbicos/minuto ($680 \text{ m}^3/\text{hora}$) era satisfactorio para los 90 m^3 , que contenían inicialmente 800 mg/litro de S^- . Este autor señala que un pH de 10,2 es óptimo para el tratamiento, y que con ese valor de pH no se producía ninguna reversión a sulfuro. Sin embargo, cuando el pH del licor aireado se reducía a entre el 8,5 y el 9,0, para cumplir las normas de descarga, se producía la reversión a sulfuro. Otros informes⁽⁵⁸⁾ han señalado... "que la reconversión a sulfuro sólo ocurría cuando el tiempo de aireación era inferior a las 16 horas".

El uso de esta oxidación catalítica sencilla es conveniente cuando el efluente se va a descargar rápidamente o va a pasar a una etapa ulterior del proceso en la que existirá oxígeno libre. Esta oxidación catalítica puede no constituir un pretratamiento adecuado para los licores que van a pasar a lagunas anaerobias, etc.

b) Otros sistemas de eliminación de sulfuro

i) Oxidación química

Se ha ensayado el tratamiento de los licores portadores de sulfuro mediante técnicas de simple oxidación química con peróxido de hidrógeno y permanganato potásico, así como otras materias. Sin embargo, dado el alto costo de los productos químicos y la necesidad de adquirirlos con divisas, quizá no sea realista recomendar su empleo en los países en desarrollo.

ii) Técnicas de precipitación

Puede emplearse sulfato ferroso y cloruro férrico para separar los sulfuros de la solución por precipitación. La separación de los sulfuros por este sistema es relativamente sencilla y, además de separar los sulfuros, este tratamiento disminuye también el pH, gracias a la precipitación de hidróxidos, lo que produce una precipitación parcial de algunas materias proteínicas presentes. Cuando se añaden esas sales de hierro, suele practicarse en el efluente mixto igualado de curtiduría (véase más adelante en este capítulo: Sistemas Físicoquímicos). Las desventajas de emplear sales de hierro son las siguientes:

- :- que el material coagulado es de color oscuro, y si no se sedimenta eficazmente comunica un mal color al efluente final,
- :- que el cieno resultante de este sistema no es denso, y en consecuencia su volumen puede ser excesivo.

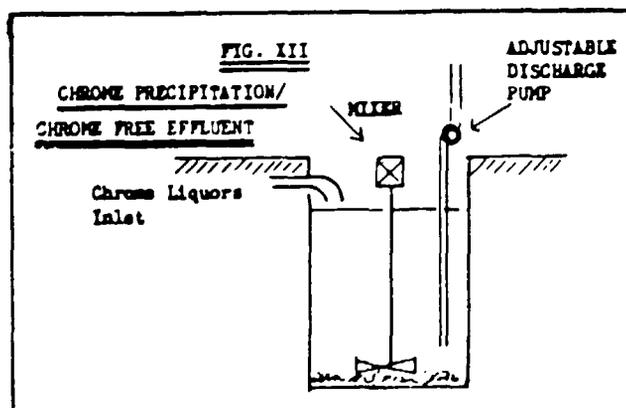
2. SEPARACION DEL CROMO

Como se ha dicho en el Capítulo III D, la precipitación del cromo es relativamente sencilla y eficaz. La eficacia total de la operación dependerá de la capacidad para reunir los principales licores que contienen cromo en la unidad central de tratamiento del cromo. La necesidad de un tratamiento específico del flujo de cromo depende de las normas de descarga relativas al cieno. Si no se realiza ningún tratamiento específico del flujo de cromo, éste se precipitará en el cieno formado en el tanque de igualación, con lo que todo el cieno producido estará manchado de cromo. Si es necesario que el cieno principal esté exento de cromo, ese tratamiento del flujo de cromo separará éste en un pequeño cieno/fango (que puede ser objeto de un vertimiento especial controlado, pero que preferiblemente puede ser reutilizado), dejando el cieno general prácticamente exento de cromo.

Para obtener un líquido sobrenadante casi exento de cromo, se considera⁽⁵⁰⁾ que si el pH de los licores de recurtido y otros licores que contienen cromo se eleva a > 8 (añadiendo cal), las adiciones de sales de aluminio (200 ppm Al^3) y polielectrolitos aniónicos (hasta 5 ppm) produciría un buen floculado de sedimentación rápida que podría separarse en un tanque de sedimentación, dejando un licor clarificado de bajo contenido en cromo. Una vez terminada la sedimentación, el licor sobrenadante, que contiene unos 4 mg/litro de Cr_2O_3 puede bombearse para incorporarlo a otras corrientes de efluente. También podría emplearse el óxido de magnesio como agente precipitante alternativo; véase el Capítulo III.

La Fig. XII muestra un esquema de las necesidades básicas. Es posible emplear una sola bomba, ajustando el nivel de la tubería de aspiración y de las tuberías de descarga según que se descargue cieno, cromo disuelto o líquido sobrenadante. No se necesita ningún equipo ni recipiente complicados. Podría emplearse una vieja fosa no utilizado A MENOS que el precipitado de cromo haya de disolverse, en cuyo caso el recipiente debe ser capaz de resistir el calor producido durante la resolubilización. Tanto si el valioso precipitado de cromo se redisuelve para reutilizarlo o se bombea a un lecho especial de cieno para su desecación, antes de su vertido controlado, la principal consideración es que el efluente esté prácticamente exento de cromo.

FIGURA XII
PRECIPITACION DE CROMO/EFLUENTE EXENTO DE CROMO



3. CORRIENTE COMBINADA DE EFLUENTES

a) Mezcla, balance e igualación de caudales

Por lo común, el efluente de curtiduría se produce de un modo discontinuo durante períodos de 8 a 12 horas. Para el tratamiento ulterior es preferible tener un caudal continuo durante 10 ó 24 horas de características uniformes. Este caudal continuo evita la necesidad de que las plantas de tratamiento especializadas estén sobredimensionadas para recibir los caudales máximos.

En consecuencia, después del tratamiento individual de cada caudal (sulfuro y cromo) y del tamizado, es corriente mezclar e igualar todos los efluentes en un tanque de igualación. De preferencia, la capacidad de ese tanque debería ser igual al efluente de un día. Desde ese tanque de igualación, el efluente se bombea hacia adelante a un ritmo regular durante el período de trabajo deseado (es decir, si el efluente diario total es de 400 m^3 , puede bombearse a razón de $17 \text{ m}^3/\text{hora}$ durante 24 horas o de 40 m^3 durante 10 horas). (Si las bombas disponibles para esa corriente hacia adelante son demasiado grandes, puede ajustarse su rendimiento efectivo con bastante precisión mediante la inserción en la tubería de descarga de una junta en forma de T y la devolución de un caudal controlable hacia el tanque de igualación).

Debe procurarse que el nivel en el tanque de igualación no descienda por debajo del 30% del volumen total a fin de que haya siempre suficiente licor disponible para la igualación de los caudales entrantes. La mejor manera de controlar esto es utilizar conmutadores robustos de mercurio forrados de plástico. (Costo posible de dos reguladores de nivel con unidad de control, unos 200 dólares).

La igualación produce una cierta neutralización con precipitación mutua. Por ejemplo, si el licor de depilado tiene un pH $> 11,0$ y los licores de adobo y curtición $< 4,0$, el licor igualizado puede tener un pH de 9,0 aproximadamente.

Cualquier cantidad de cromo presente se precipitará por la acción de los licores alcalinos, algunas de cuyas proteínas

también pueden coagularse. Durante la igualación, es necesario que los diferentes licores se mezclen bien para lograr la uniformidad y llevar al máximo la precipitación y la coagulación mutuas, y es fundamental no dejar que se depositen los sólidos en suspensión y mantener las condiciones aerobias. Para impedir que se depositen los materiales es necesario agitar mecánicamente o inyectar aire a través de un difusor de algún tipo.

Los investigadores franceses⁽¹¹⁾ sugieren que hace falta un consumo de 40 watios por m^3 para evitar la sedimentación en esta fase. Los grandes rotores mecánicos (1,5 a 3,5 m de diámetro) con una rotación lenta (de 50 a 100 r.p.m.) evitan un efecto de cizallamiento que podría deteriorar la floculación ulterior. Para emplear esos agitadores el tanque debe tener una relación anchura - profundidad de 2 aproximadamente (con los tanques circulares, pueden hacer falta pantallas para conseguir un flujo correcto).

Una fuente de inyección de aire en los niveles más bajos de un tanque de igualación puede resultar todavía más eficaz pues, además de evitar la sedimentación de los sólidos en suspensión, puede favorecer la floculación y evitar las condiciones anaerobias. Se ha señalado⁽¹¹⁾ una corriente óptima de aire de 3 a 4 m^3 /hora por m^2 para un tanque de 2 a 4 m de profundidad.

Los aireadores flotantes también son adecuados para su empleo en los tanques de igualación.

4. TRATAMIENTO FISICOQUIMICO

Una tecnología relativamente sencilla permite separar hasta el 95% de los sólidos en suspensión y tal vez el 70% de la D.B.C. empleando un tratamiento físicoquímico.

Si la clarificación (separación de los sólidos en suspensión) es eficaz, el efluente final de este tratamiento tendrá una turbiedad y un color mínimos y al estar prácticamente exento de sulfuro y cromo (como se ha dicho anteriormente), su descarga será aceptable en la mayor parte de las circunstancias existentes en los países en desarrollo. Este tratamiento exige

poca inversión de capital, y su tecnología debe ser comprensible y estar dentro de la esfera de competencia de los técnicos de curtiduría.

Sólo en raros casos será necesario en los países menos desarrollados llegar a las etapas más avanzadas de tratamiento (biológico) del efluente, con gran densidad de capital y difíciles de controlar, para eliminar los bajos niveles de contaminación restantes.

En esencia, el proceso físicoquímico que se describe a continuación consiste en acondicionar, es decir pretratar el efluente añadiendo coagulantes y floculantes a fin de ayudar a la sedimentación de los sólidos en suspensión. Esto va seguido de la clarificación, es decir, el paso por un tanque de sedimentación donde se separa el cieno de sólidos en suspensión del líquido sobrenadante, que es un licor claro casi totalmente exento de sólidos en suspensión y con una carga de D.B.O. muy reducida.

a) Pretratamiento

La publicación del C.T.C. "Contaminación y Curtición"⁽¹¹⁾ da la siguiente definición:

"La coagulación consiste fundamentalmente en introducir en el agua un producto capaz de descargar los coloides generalmente electronegativos presentes, formando así un precipitado.

La floculación es la aglomeración de los coloides descargados como resultado de una serie de colisiones sucesivas causadas por un proceso mecánico de agitación.

En consecuencia, un floculante es ante todo un estimulante de la coagulación que aumenta la velocidad de formación, la cohesión y la densidad del floculado, disminuyendo así su volumen."

Las materias que se emplean más corrientemente son:

i) Coagulante

Alumbre (sulfato de aluminio, $Al_2 (SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$)

Sulfato ferroso ($Fe SO_4 \cdot 7H_2O$)

Las dosis dependerán de las circunstancias locales y de las condiciones óptimas. En general se determinan mediante experimentación in situ, y pueden depender de las características del efluente, del equipo disponible, del grado de clarificación esperado y del floculante (si se emplea). El material empleado con más frecuencia es el alumbre. Los investigadores del C.T.C.⁽¹¹⁾ proponen en general el uso de 200 mg/litro (0,2 kg por m³ de efluente) de alumbre, pero también señalan un aumento de la eficacia con 400 mg/litro, mientras que Giles⁽⁵⁹⁾ cita aproximadamente 800 mg/litro.

El sulfato ferroso, empleado a razón de 500 mg/litro, tiene varias ventajas, es decir, es barato y precipita eficazmente los sulfuros presentes, pero tiene la desventaja de comunicar una fuerte coloración tanto al licor como al cieno, debida a la formación del precipitado negro de sulfuro. En algunos sistemas se emplean los dos materiales mencionados. Poole⁽⁶²⁾ ha publicado hace poco datos sobre la eficacia de una gran variedad de coagulantes, incluidos el sulfato y el cloruro férricos, el hexametáfosfato y el carbonato magnésico, y ha sugerido que esos materiales pueden coagular eficazmente los sólidos en suspensión. Sin embargo, dado su bajo costo, el alumbre es el coagulante más empleado.

ii) Floculantes

Los floculantes suelen ser largas cadenas de polielectrolitos aniónicos y se emplean a concentraciones de 1 a 10 mg/litro.

N.B. Los polielectrolitos son algo frágiles: son sumamente viscosos, y las soluciones de reserva deben prepararse cuidadosamente (siguiendo las instrucciones del fabricante), empleando un agitador mecánico de baja velocidad.

iii) Dosificación

La dosificación de las adiciones necesarias tiene una importancia crítica y suele realizarse con una bomba

dosificadora. Las adiciones químicas se preparan en soluciones normales, y las bombas dosificadoras se ajustan de modo que inyecten el volumen necesario por hora (compárese con la necesidad de conocer el caudal del efluente). Alternativamente, en las instalaciones mayores puede vigilarse el caudal del efluente con un medidor de caudal, que puede acoplarse a una bomba dosificadora.

(Para la mayor parte de las instalaciones será adecuada la bomba dosificadora. Costo posible de una bomba de un solo cuerpo - dosificación controlable de 0 a 50 litros/hora = unos 1.000 dólares. Bomba de triple cuerpo - tres caudales ajustables independientemente, cada uno de 0 a 50 litros/hora = unos 2.500 dólares.

Las adiciones se hacen por separado en el efluente igualado. Se ha señalado⁽¹¹⁾ un funcionamiento eficaz cuando el coagulante se añade... "en una cuba donde el agua se detiene un corto tiempo (menos de dos minutos)", mientras que... "el floculante se añadirá en una segunda cuba en la que el volumen se detiene durante más tiempo (más de 10 minutos)". Sin embargo, es mucho lo que depende del sistema empleado para la clarificación, pues en la mayor parte de los casos el tubo central de entrada al sedimentador ayudará a la floculación y, en consecuencia, la dosificación se realiza a veces en el punto de entrada a la cuba de sedimentación. Véase un esquema de la instalación en la Fig. XVI.

Mediante las bombas dosificadoras se pueden inyectar las adiciones químicas directamente en la línea de alimentación del caudal y evitar el empleo de cubas mezcladoras separadas.

iv) pH

Se ha indicado⁽⁵⁹⁾ que un pH de 7 a 10 es óptimo para la precipitación de la cal con alumbre. Los operarios, han encontrado generalmente en la práctica que el pH natural de los licores mezclados está comprendido en ese intervalo. Si, debido al reciclaje o a otras medidas, ese licor igualado no estuviera comprendido en ese

intervalo, se necesitarían adiciones de ácido o alcalí. La mejor manera de ajustar el pH, cuando es necesario, consiste en emplear una unidad de control de pH provista de un medidor de pH, acoplada a las dos bombas dosificadoras. (Costo reducido posible: un medidor de pH y dos bombas dosificadoras = 4.000 dólares).

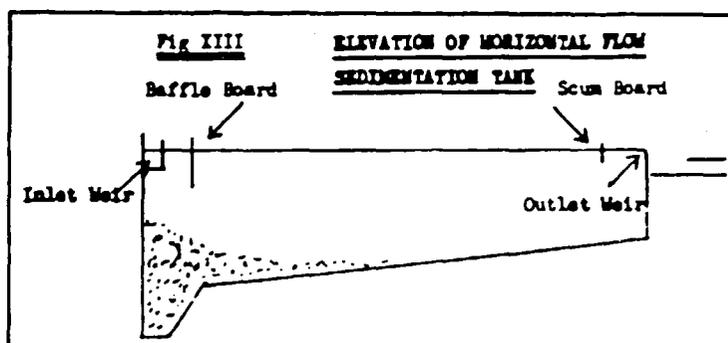
b) Sedimentación

Hay dos tipos posibles de recipientes de sedimentación.

i) Tanques de caudal horizontal - La unidad más elemental no puede considerarse seriamente si se necesitan altos grados de eficacia. En la Fig. XIII se representa esquemáticamente esa unidad elemental, pero a menos que se pueda limpiar mecánicamente (operación costosa que no suele ser posible a bajo costo en una versión producida localmente), se obstruye pronto y puede funcionar defectuosamente de modo que el tanque se llena de cieno y el efluente pasa por la superficie sin que se produzca una sedimentación completa.

FIGURA XIII

ALZADO DEL TANQUE DE SEDIMENTACION DE CAUDAL HORIZONTAL

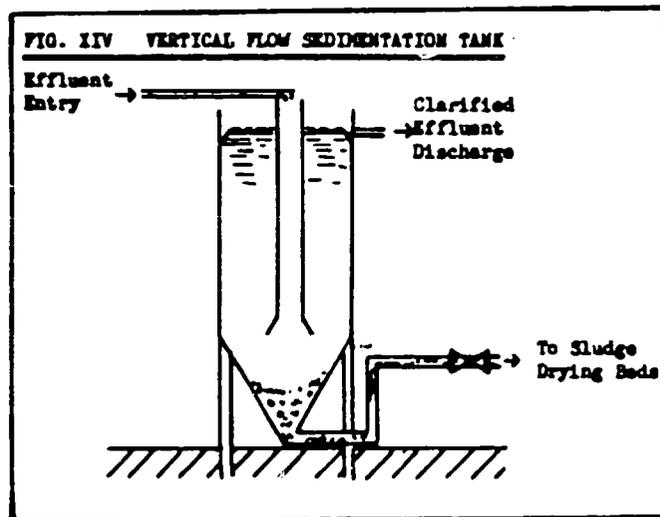


Los tanques de sedimentación de caudal horizontal deben dimensionarse de modo que tengan un tiempo de retención de seis horas. Como estas unidades requieren una limpieza regular del cieno es necesario disponer de un tanque de reserva. La separación del cieno puede hacerse por la acción de la gravedad o mediante una bomba de cieno después de haber bombeado o sifonado el líquido sobrenadante hasta el tanque de reserva.

Para grandes caudales, más de $1.000 \text{ m}^3/\text{día}$, pueden ser rentables los tanques de limpieza mecánica.

ii) Tanques de sedimentación vertical - De forma cilíndrica y de fabricación local, parecen ser los sedimentadores primarios más eficaces y rentables para las curtidurías; véase la Fig. XIV. Pueden ser de acero ordinario (con un revestimiento de epoxina), de acero inoxidable, de fibra de vidrio o construirse de forma rectangular con hormigón o madera, según las disponibilidades.

FIGURA XIV
TANQUE DE SEDIMENTACION DE FLUJO VERTICAL

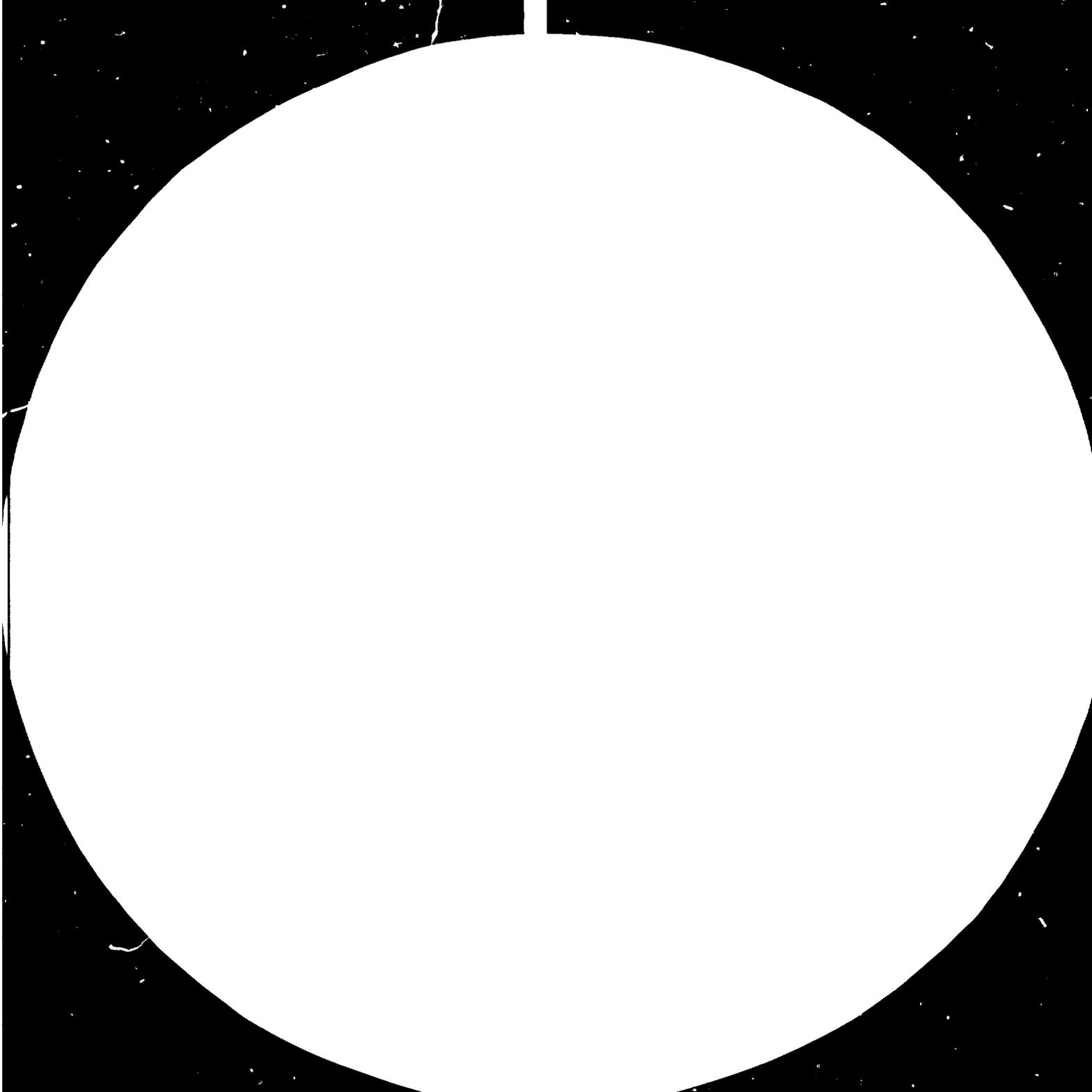


Como los ángulos de las paredes son de 60° , el tanque es autolimpiador. La necesidad básica es que haya una cierta turbulencia en la entrada para asegurar la mezcla y estimular la floculación. Debe evitarse la turbulencia en el resto del tanque. Por la acción de la gravedad, los sólidos se depositan y se concentran en la base, de la que pueden extraerse a través de una válvula. El efluente clarificado se extrae lentamente por la parte superior. El caudal ascendente debe ser del orden de $1,0$ a $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hora}$.

iii) Flotación - Otro método de separar los sólidos en suspensión del efluente mixto es la "flotación". Se han

88 02 11 11
AD 88 11 11

CAI 88 11 11

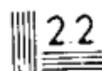




28



32



36



4



MICROSCOPY RESOLUTION TEST CHART
NATIONAL BUREAU OF STANDARDS-1963-A
STANDARD REFERENCE MATERIAL NO. 1963-A
APPLICABLE TO MICROSCOPY

empleado dos técnicas principales para el tratamiento general de las aguas residuales y hace poco se han realizado ensayos sobre el efluente de curtiduría:

-: Electroflotación

Se somete el efluente a una electrolisis en la que se forman burbujas de gas (hidrógeno y oxígeno) que arrastran las partículas en suspensión hasta la superficie de la que pueden separarse.

-: Flotación con aire

Se disuelve aire a presión en el efluente reciclado y cuando esta presión disminuye posteriormente en la vasija de tratamiento, se desprenden pequeñas burbujas de aire que arrastran los sólidos en suspensión hasta la superficie.

Los investigadores de la B.L.M.R.A. han publicado⁽⁶⁰⁾ detalles de los experimentos de flotación con efluente de curtidurías en los que han obtenido resultados positivos. Han calculado que en 1978 una planta de flotación por aire disuelto para tratar 200 m³/día de licores de curtiduría mixtos costaría 37.500 libras esterlinas (unos 72.500 dólares).

En algunas unidades completas de tratamiento de efluentes están incluidas unidades de flotación por aire o por espuma, a un costo mínimo de 40.000 dólares⁽⁶¹⁾.

La flotación por aire tiene las ventajas de que la unidad de tratamiento es compacta y de que los cienos tienen un gran contenido de sólidos (15%)⁽⁶⁰⁾. Sin embargo, estas ventajas están contrarrestadas por los elevados costos de los productos químicos necesarios para obtener un pH óptimo. Los investigadores de la B.L.M.R.A.⁽⁶⁰⁾ consideran que las condiciones óptimas para la flotación por aire disuelto son un pH de 4,0 con una dosis de 500 mg/l de sulfato de aluminio y 5 mg/l de

polielectrolito aniónico (Nalfloc 676). Sin embargo, otros investigadores han realizado la flotación con altos valores de pH.

El consultor cree que en el futuro, la "flotación" será un importante sistema para el tratamiento de efluentes de curtiduría, pero hoy día, dadas las grandes necesidades de productos químicos (ácido para alcanzar un pH de 4,0) y el estadio relativamente inicial de desarrollo de esos sistemas, esas instalaciones pueden no ser todavía adecuadas para los países en desarrollo (excepto los de reciente industrialización).

c) Eficacia de la sedimentación

El C.T.C. señala⁽¹¹⁾ que las adiciones de 400 mg/litro de alumbre al efluente de curtiduría igualado permitían las siguientes reducciones:

- 70% de reducción de la carga de D.B.O.₅
- 80% de reducción de la carga de D.Q.O.
- 97,5% de reducción de los sólidos en suspensión

Poole⁽⁶²⁾ ha señalado la eficacia de varias sustancias químicas empleadas para ayudar a la sedimentación de los efluentes de curtiduría, como puede verse en el Cuadro IX.

CUADRO IX
EFEECTO DE VARIAS SUSTANCIAS QUIMICAS SOBRE LOS SOLIDOS TOTALES
EN SUSPENSION Y LA D.B.O. EN UNA MUESTRA DE EFLUENTE MIXTO

<u>Dosificación química</u>	<u>Reducción de los sólidos</u> <u>totales en suspensión</u>	<u>Reducción de</u> <u>la D.B.O.</u>
Alumbre - 500 mg/l	86	43
Alumbre + polímero	87	53
Cloruro férrico 20 mg/l	76	22

Giles⁽⁵⁹⁾ empleando alumbre como coagulante primario, en concentraciones hasta de 800 mg/litro, más 10 mg/litro de un polielectrolito aniónico, ha encontrado eficacias de clarificación que indican una reducción del 99% de los sólidos en suspensión y del 90% de la D.B.O.₅.

d) Posibles características del efluente después del tratamiento fisicoquímico

Si el efluente de curtiduría se trata como se indica en la Fig. XVI, es decir: oxidación catalítica de los licores de depilado - precipitación de cromo - igualación - seguida de floculación y coagulación, antes de una clarificación eficaz, cabe prever un efluente casi exento de $S^{=}$ y Cr^{+++} con las características fundamentales indicadas en el Cuadro X.

CUADRO X
CARACTERISTICAS DEL EFLUENTE FINAL

	<u>Efluente inicial</u>	<u>Clarificación eficaz</u>	<u>Clarificación mediocre</u>
Sólidos en suspensión	3.300 mg/l	(Reducción) (95%) 165 mg/l	(Reducción) (85%) 495 mg/l
D.B.O.5	1.300 mg/l	(70%) 390 mg/l	(45%) 715 mg/l

A ESOS NIVELES, LOS EFLUENTES EXENTOS DE $S^{=}$ y Cr^{+++} DEBERIAN SER ACEPTABLES PARA SU DESCARGA EN LAS AGUAS SUPERFICIALES EN LA MAYOR PARTE DE LAS SITUACIONES EXISTENTES EN LOS PAISES EN DESARROLLO.

e) Manejo y eliminación del cieno

La papilla de cieno obtenida por el sistema de sedimentación descrito anteriormente estará exenta de sulfuro y cromo y, en consecuencia, su alto contenido de cal resultará aceptable en muchas zonas como acondicionante o fertilizante agrícola. Huelga decir que debe tratarse rápidamente para evitar la reversión a sulfuro.

El cieno con el 3 al 5% de sólidos a menudo resultante de la sedimentación primaria sólo se maneja eficazmente por bombeo o por gravedad. Si se dispone de terreno para el vertimiento controlado, el transporte en vehículos cisterna puede ser el método más sencillo de evacuación.

i) Lechos desecadores - Pueden recomendarse para curtidurías pequeñas y medianas, que no estén situadas en lugares urbanos importantes pues la necesidad de terreno puede ser grande (véase infra). Los lechos de desecación

de cieno exigen poco capital, pero tienen gran densidad de mano de obra, pues por lo común deben descargarse manualmente cuando el material está seco. El cieno puede manejarse con palas cuando su contenido de sólidos es del 25 al 30% aproximadamente, en cuyo momento la torta puede separarse para su vertimiento o para usos agrícolas. Se han señalado malos olores en el caso de algunos lechos de cieno, y se dice que esto puede reducirse a un mínimo si se rocía la superficie con cal apagada.

La capa de tierra, que por lo común se separa junto con la torta de cieno, debe reponerse.

Volumen de cieno

El volumen de cieno puede calcularse a partir de los parámetros básicos de proyecto. Así, de suponer un caudal diario de 400 m^3 con una "clarificación eficaz" como la del Cuadro X, se tendría:

Sólidos en suspensión

	<u>Sólidos secos</u>
400 m^3 a $3.300 \text{ mg/l} = 1.320 \text{ kg/día}$	
con separación del 95%	<u>1.250 kg/día</u>
<u>D.B.O.</u> (se supone que el 50% de la D.B.O. separada debe atribuirse a los sólidos en suspensión) puede hacerse un cálculo aproximado:	
400 m^3 a $1.300 \text{ mg/l} = 520 \text{ kg/día}$	
con una separación del 50% x 45%	<u>117 kg/día</u>
Cieno total aproximado	<u>1.400 kg/día</u>

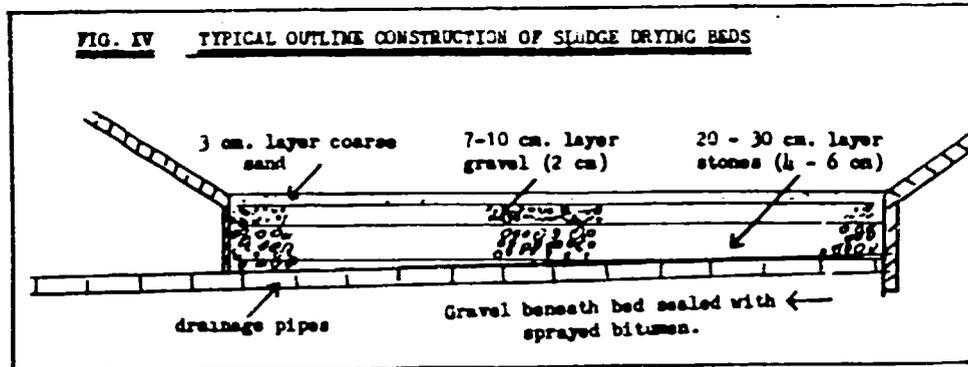
Si el cieno es una papilla con el 4% de sólidos ocupará aproximadamente 35 m^3 diarios (un cálculo elemental daría un volumen de cieno = 8 a 12% del volumen del efluente si se emplean de 30 a 50 litros/kg de agua).

Construcción de los lechos desecadores

Los lechos de desecación de cieno se construyen normalmente empleando capas de un medio filtrante con tuberías de avenamiento agrícolas en la base para recoger

el líquido efluente que debe reciclarse hacia el tanque de igualación, para su tratamiento ulterior. La Fig. XV representa en detalle la sección transversal de un lecho desecador de cieno típico.

FIGURA XV
ESQUEMA TIPOICO DE CONSTRUCCION DE LOS LECHOS
DESECADORES DE CIENO



Superficie de los lechos desecadores

La producción diaria de 35 m^3 de papilla de cieno podría esparcirse sobre lechos desecadores hasta una profundidad de 0,5 m, es decir, se necesitarían 70 m^2 de lecho/día. Tamaño conveniente $14 \text{ m} \times 5 \text{ m}$.

El periodo de desecación puede variar de 2 a 4 semanas según las condiciones locales y el grado de acondicionamiento químico aplicado. Con cinco días de trabajo a la semana harían falta de 10 a 20 lechos desecadores de las dimensiones antedichas (superficie total necesaria $700 \text{ a } 1.400 \text{ m}^2$).

ii) Otros sistemas posibles de deshidratación de cienos

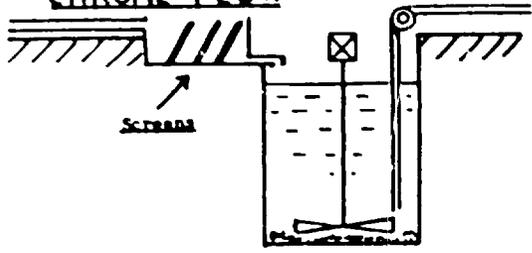
:- Espesadores. Pueden emplearse espesadores de cienos, semejantes a los tanques de sedimentación descritos anteriormente, para seguir espesando los cienos hasta el 10% de sólidos en un día. Sin embargo, aunque estén tan espesados siguen siendo difíciles de manejar y requieren un tratamiento ulterior (es decir lechos de desecación u otros que se indican a continuación).

:- Filtros-prensa. Al igual que ocurre con la mayor parte de los sistemas de deshidratación mecánicos, es necesario un cierto acondicionamiento del cieno, para lo que suelen emplearse cal, sulfato ferroso y polielectrolito. El tamaño del filtro-prensa puede calcularse a partir del volumen de cieno previsto. Debido a los altos costos de capital y de funcionamiento, los filtros-prensa están siendo sustituido por

:- Máquinas deshidratadoras de correa sin fin. Estas máquinas se han desarrollado hace poco y, al igual que ocurre con los filtros-prensa, el cieno debe que acondicionarse, por lo que la mayor parte de las máquinas existentes en el mercado tienen una unidad integral de dosificación y acondicionamiento. La ventaja de estas máquinas es que su costo de capital es relativamente bajo, y pueden recomendarse para curtidurías con volúmenes de efluentes superiores a $400 \text{ m}^3/\text{día}$. Las máquinas de correa sin fin deshidratan un máximo de contenido de sólidos del 20 al 30%, y aunque el material no está tan seco como si se utilizan filtros-prensa es fácilmente manejable. (Costo posible de una máquina de deshidratación de correa sin fin para tratar $50 \text{ m}^3/\text{día}$ de cieno (2 a 3% de sólidos) = aproximadamente 30.000-50.000 dólares)

Hasta ahora, no se dispone de máquinas deshidratadoras de correa sin fin pequeñas a un costo de capital razonable, pero últimamente se han logrado rápidos progresos en este sector y cabe esperar que dentro de unos años se dispondrá de máquinas deshidratadoras de correa sin fin pequeñas a buen precio, en cuyo momento podrán recomendarse para las curtidurías pequeñas y medianas de los países en desarrollo (Véanse en el Anexo IV los costos y tamaños típicos de las máquinas disponibles).

CHROME FLOW



Chrome
Precipitation Pt

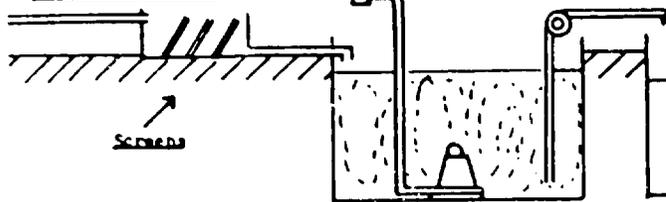
FIGURA XVI

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE CAUDAL DEL TRATAMIENTO
FISICOQUIMICO DEL EFLUENTE

(no a escala)

To Equalisation Tank

LIME FLOW

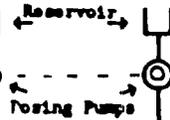


Catalytic
Oxidation Pt

Agitators

Equalisation Tank

Coagulation and Flocculation



Float Valves
Controlling Pumps

Vertical
Sedimentation
Tank

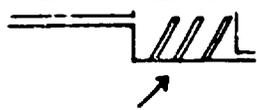
Final Effluent
Discharges

Sludge

Sludge Drying Beds

Recycle Drainings to Equalisation Tank

OTHER WASTES



To Equalisation Tank

C TRATAMIENTO SECUNDARIO

Se considera que en la mayor parte de los lugares de los países en desarrollo, el tratamiento fisicoquímico descrito supra que, cuando está bien controlado, puede producir una norma de descarga de 200 mg/l de sólidos en suspensión y 400 mg/l de D.B.O.₅, sería aceptable para muchas autoridades locales.

En los pocos casos en los que sea indispensable un efluente más purificado puede tenerse que recurrir a sistemas de tratamiento biológico. Existe una gran variedad de estos sistemas entre los que cabe citar los siguientes:

Filtros biológicos

Cieno activado (corriente)

Cieno activado (zanja de oxidación)

Lagunas (aireadas, facultativas y anaerobias)

El consultor reconoce que todos los sistemas mencionados se han probado en el tratamiento del efluente de curtiduría, pero cree que el sistema de zanja de oxidación es suficientemente robusto para recibir las cargas ocasionales de choque y otras irregularidades (interrupciones de corriente, etc., causantes de una producción discontinua) que pueden encontrarse en las curtidurías de los países en desarrollo, mientras que algunos de los otros sistemas pueden convertirse en tóxicos debido a esos choques de carga. La selección del sistema de tratamiento secundario depende de la situación de la curtiduría, el terreno disponible, los conocimientos técnicos existentes, el equipo local y los costos de la energía. Pueden emplearse los siguientes sistemas:

1. ZANJA DE OXIDACION

El principio del tratamiento con cieno activado es que "el efluente contaminado con materia orgánica se pone en contacto con una gran concentración de bacterias aerobias y otros microorganismos presentes en forma de un aglomerado biológico floculante llamado 'cieno activado'." (1).

En el sistema de cieno activado corriente, el floculado de cieno se mantiene en contacto con la fase líquida mediante el empleo de aireadores flotantes o sistemas de aire difuso, en

tanques rectangulares, con un suministro adicional de oxígeno para mantener las condiciones aerobias necesarias. La materia orgánica contenida en el efluente queda eliminada eficazmente por la actividad biológica.

A fin de mantener la alta concentración necesaria del floculado microbiológico en el recipiente de tratamiento, el efluente, después del tratamiento, debe pasar por un recipiente de sedimentación (u otro sistema), y la mayor parte del floculado de cieno activado ser devuelto a la vasija de tratamiento.

Los trabajos realizados en la T.N.O. de los Países Bajos demostraron que un sistema de cieno activado de baja carga con empleo de una "zanja de oxidación" podría ser adecuado para los efluentes de curtiduría o domésticos. Las investigaciones neerlandesas desembocaron en la instalación de varias zanjas de Pasveer en curtidurías.

Fundamentalmente, las zanjas de Pasveer difieren del tratamiento corriente con cieno activado en varios aspectos:

i) El recipiente de tratamiento es un tanque anular provisto de aireadores giratorios de acero en forma de escobilla para mantener el floculado de cieno en suspensión, asegurar un caudal hidráulico adecuado y suministrar el aire necesario.

ii) El mayor tiempo de retención y la menor carga orgánica han resultado ser más adecuados para resistir el carácter y el caudal variables del efluente, así como las cargas de choque que se dan en la industria de la curtiduría.

iii) Otra consecuencia útil del menor ritmo de carga es la considerable reducción del cieno producido, es decir, 0,3 kg de sólidos del cieno/kg de D.B.O. separada, en comparación con 1,0 kg/kg aproximadamente de D.B.O. separada en una planta corriente de cieno activado⁽¹⁾.

Las zanjas de Pasveer son relativamente baratas y exigen poco mantenimiento, y cuando están convenientemente especificadas pueden producir efluentes de calidad satisfactoria, hasta de 10 mg/litro⁽⁶³⁾.

Si los proveedores de los rotores, cuentan los parámetros básicos de proyecto, están dispuestos a prestar asistencia gratuita para el diseño de una zanja de oxidación específica.

Se han señalado⁽¹¹⁾ tasas de carga de 250 a 500 g de D.B.O.₅/m³/día y tiempos de retención de 2 a 4 días. Puede calcularse un ejemplo típico: 400 m³/día de efluente, si se han sometido a una sedimentación primaria eficaz, podrían tener una D.B.O.₅ de 500 mg/litro (0,5 kg/m³) = 200 kg de D.B.O. Con una carga de 0,25 kg de D.B.O.₅/m³/día harían falta 800 m³. Si la retención fuera de tres días harían falta 1.200 m³ de zanja, cifra que daría un margen satisfactorio.

La transferencia de oxígeno por los rotores depende de la profundidad de inmersión (que se ajusta subiendo o bajando el nivel del agua) y puede variar de:

- 2 kg de oxígeno por metro lineal de rotor (10 cm de inmersión), es decir, 48 kg/m/día
- a 4 kg de oxígeno por metro lineal de rotor (20 cm de inmersión), es decir, 96 kg/m/día

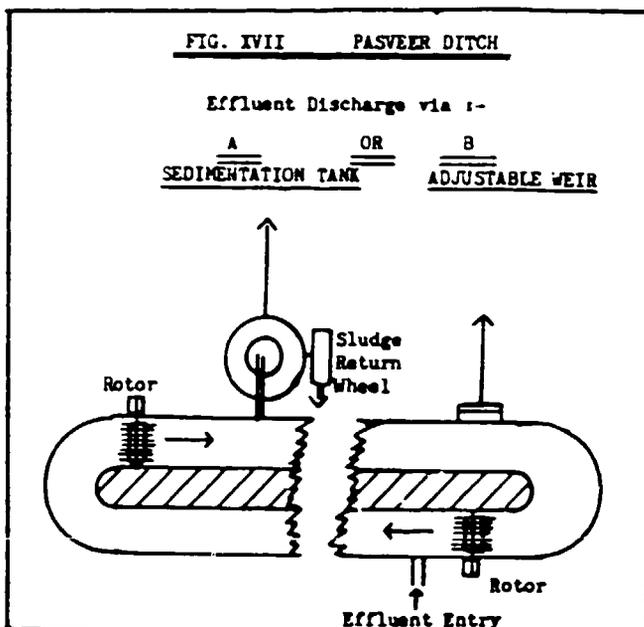
Para disponer de un margen de seguridad, los fabricantes suelen aconsejar un rotor de 1 m = unos 30 kg de D.B.O.₅/día con 13 cm de inmersión, de modo que 200 kg de D.B.O. necesitarían 6,7 m lineales de rotor - Si es posible, un mínimo de 2 x 3,5 m. Capacidad instalada = 2 x 10 HP. Consumo de energía = 2 x 4,8 HP = 0,9 Kw por kg de D.B.O.₅. (Precio barato de 2 x 3,5 rotores (unidad completa con motores y puente) igual 2 x 12.000 dólares = 24.000 dólares).

En la Fig. XVII se representa la disposición de una zanja de oxidación típica.

Existen opiniones divergentes sobre el grado de pretratamiento que debe aplicarse antes del tratamiento en un foso de oxidación. En general, se conviene en que la mejor práctica es separar los sulfuros y el cromo para evitar cualquier posible efecto tóxico sobre la masa biológica.

No cabe duda de que es indispensable contar con algo de tamizado y de sedimentación, pero es dudoso que sea necesario coagular químicamente antes de la sedimentación, pues muchos

FIGURA XVII
ZANJA DE PASVEER



autores consideran que la propia zanja es el proceso de tratamiento más rentable.

En un reciente artículo de Bailey y Plowright⁽⁶⁵⁾ que detallan una instalación de zanjas en el Reino Unido, se pueden encontrar algunos principios prácticos operacionales para las zanjas de oxidación. Berk⁽⁶⁴⁾ ha publicado datos de proyección y parámetros de eficacia operacional de zanjas de oxidación para el tratamiento de desechos de matadero y de lechería, que pueden tener alguna pertinencia.

Los materiales de construcción y las dimensiones de las zanjas de oxidación dependen de la escala del proyecto. Las zanjas de 12 a 1.300 m³ de volumen funcionan con rotores de 70 u 80 cm y se construyen normalmente excavando una zanja poco profunda de menos de 2 m de profundidad con los bordes inclinados como indica la sección adjunta, que luego se reviste de butilo o se cementa por pulverización.



Una zanja de 250 m^3 de volumen puede tener una longitud total de 36 m. Anchura total 8 m. Profundidad eficaz 1,8 m
Una zanja de 1.300 m^3 de volumen puede tener una longitud total de 63 m. Anchura total 15 m. Profundidad eficaz 1,8 m

Las unidades de mayor tamaño (más de 1.200 m^3 de volumen) pueden tener rotores de 1 m o incluso mayores en estructuras reforzadas de hormigón, con paredes verticales.

Las zanjas de oxidación requieren normalmente pequeñas adiciones de un nutriente, el fósforo, que es indispensable para la actividad biológica y que no está contenido en cantidad suficiente en los efluentes de curtiduría. Parece haberse publicado poco sobre la concentración de nutrientes necesaria, pero una comunicación personal de un utilizador de una zanja de oxidación señala que la adición de 10 kg/día de fertilizantes (18,5% de P_2O_5), por 100 m^3 de efluente/día, es suficiente.

La cantidad de floculado biológico debe controlarse reciclándolo o descargándolo en forma de cieno, según su estado. Se ha señalado que los sólidos en suspensión en el licor mixto deben estar comprendidos entre 3.500 y 5.000 mg/litro, pero se han empleado cantidades de 2.500 mg/litro. La práctica aconseja que, a falta de servicios analíticos, puede aplicarse una prueba elemental... "Se llena una probeta graduada con una mezcla del líquido agitado y se deja sedimentar durante 30 minutos. Si después de la sedimentación el depósito de floculado ocupa aproximadamente el 20% del volumen, las condiciones son satisfactorias".

Se puede evitar la instalación de un tanque de sedimentación por el siguiente procedimiento: se para el rotor cuatro veces al día durante 1/2 hora, con lo que el floculado se deposita, y se acciona una compuerta ajustable para permitir la descarga del líquido sobrenadante (efluente de 1/4 de día). Una vez efectuada la descarga se vuelve a poner en marcha el rotor y se reajusta la compuerta.

Se ha indicado que la mejor manera de efectuar el retorno del floculado desde el tanque de sedimentación hasta el foso de oxidación es emplear una rueda de cangilones para cieno (como los cubos de una noria), pues se dice que ésta no perjudica al

floculado. Sin embargo, en algunas instalaciones se emplean bombas sin daño apreciable.

La puesta en servicio de las zanjas de oxidación se facilita normalmente mediante la adquisición de cieno activado en una estación depuradora local. Sin embargo, en la mayor parte de los países en desarrollo, no existen esas estaciones depuradoras, y el floculado tiene que formarse poco a poco. Inicialmente sólo se deja entrar en la zanja un volumen limitado de efluente, hasta que la cantidad cada vez mayor de floculado de cieno activado permite la entrada de volúmenes cada vez mayores en la zanja.

Todos los informes señalan que con una zanja de oxidación es posible separar hasta el 95% de la D.O.B.₅, es decir, que un licor con una D.B.O.₅ inicial de 500 mg/litro podría descargarse con menos de 25 mg/litro, que es una concentración de efluente aceptable para todas las autoridades fluviales.

2. CIENO ACTIVADO

Se puede elegir entre una gran diversidad de tratamientos con técnicas de cieno activado (comprendidas las zanjas de oxidación descritas supra). En la práctica, además de las zanjas de oxidación, se suelen emplear las dos formas optativas siguientes para el tratamiento secundario de los efluentes de curtiduría.

a) Cieno activado de gran carga

Este sistema ocupa la superficie mínima posible de terreno, pues suele aplicarse empleando una vasija rectangular de unos 3 m o más de profundidad, con la aireación y la mezcla necesarias obtenidas mediante aireadores flotantes o sumergidos o dispositivos de aireación difusa (véase el Anexo IV). Suelen ser suficientes tiempos de retención de 6 a 12 horas. Así, para una situación como la detallada anteriormente (en una zanja de oxidación), con un caudal de 400 m³/día, después de un tratamiento primario aceptable que produce un afluente secundario de unos 500 mg/l de D.B.O.₅ (es decir, 200 kg de D.B.O./día), bastaría con un tanque de 133 m³ de volumen, posiblemente de 8 m x 4 m x 4 m de profundidad, empleando dos

aireadores de 4 ó 5 Kw (según las características). Esta unidad tendría una carga de materia orgánica de 1,5 kg de D.B.O./m³ por día y necesitaría un gran retorno de cieno empleando una unidad de sedimentación eficaz para asegurar que los sólidos en suspensión en el licor mixto se mantengan a unos 5.000 mg/litro. Cabe señalar que, si bien, este sistema ha hecho sus pruebas en el tratamiento de efluentes de curtiduría no es resistente a la carga de choque y puede resultar inadecuado para las condiciones irregulares existentes en los países en desarrollo (El consumo de energía se aproxima a 1,0 Kw por kg de D.B.O.₅).

b) Aireación extensiva/cienso activado de baja carga

Una forma adaptada de cienso activado que emplea tiempos de retención más largos ofrece una protección mucho mayor contra la carga de choque debido a la mayor dilución del sistema. Sin embargo, estos sistemas pueden exigir un mayor consumo de energía. La "aireación ampliada" puede aplicarse con tiempos de retención de 1 a 3 días manteniendo la concentración de sólidos en suspensión en el licor mixto entre 1.500 y 2.500 mg/litro mediante el reciclaje de floculado desde la unidad de sedimentación secundaria. Así, para los 400 m³/día examinados anteriormente, podrían utilizarse los siguientes parámetros: 1 1/2 días de retención = vasija de 600 m³, es decir, 25 m x 8 x 3 m de profundidad, con la aireación necesaria suministrada por 6 aireadores de 1,5 ó 2,0 Kw (u otro dispositivo de aireación, véanse las características en el Anexo IV) (Consumo de energía > 1,0 Kw por Kg de D.B.O.₅).

NOTA: Con respecto a la selección de los sistemas se ha comunicado hace poco⁽⁶⁷⁾ lo siguiente: "Los costos de capital de una planta de fosos de oxidación son alrededor del 20% menores que el costo de una instalación convencional de tratamiento con cienso activado. Los costos de explotación eran alrededor de un 8% mayores en 1982, debido sobre todo a la diferencia en el consumo de energía".

3. LAGUNAS

Para el tratamiento de los efluentes de curtiduría se ha recomendado⁽¹⁾ (11) una gran variedad de técnicas de tratamiento en lagunas o estanques.

Lagunas anaerobias: se ha señalado⁽¹⁾ que esas lagunas separan hasta un máximo de 85% de la D.B.O. en 10 días; sin embargo, producen normalmente una contaminación atmosférica importante, pues facilitan la reversión a sulfuro con descargas de sulfuro de hidrógeno y sólo pueden recomendarse en lugares aislados. El costo de estas lagunas es insignificante, y el único requisito es una profundidad de 3 m aproximadamente, con lo que se establecen rápidamente las condiciones anaerobias.

Lagunas facultativas: actúan en tres capas distintas:

Capa superficial	-	Aerobia
Capa central	-	Facultativa
Capa inferior	-	Anaerobia

Teóricamente, estas lagunas pueden funcionar mediante la fotosíntesis natural. Sin embargo, en tales condiciones están sometidas a los caprichos de las variaciones climáticas y pueden no ser controlables, por lo que sólo son adecuadas en escasos lugares.

Lagunas aireadas: se han utilizado en muchas curtidurías con consumos de 10 a 30 w/m³, por lo común mediante dispositivos de aireación flotantes. Los resultados publicados de ese tratamiento son algo discrepantes y no puede hacerse ninguna recomendación en firme.

Lagunas facultativas aireadas: empezaron a utilizarse en Francia⁽¹¹⁾, y se ha indicado que después de un sistema de tratamiento primario eficaz se consigue una reducción de la D.B.O.₅ de 660 mg/l a 90 mg/l empleando sólo 2 w/m³ con nueve días de retención. Se afirma que el sistema recibe suficiente oxígeno para permitir una "actividad de purificación biológica", incluso con una capacidad de agitación insuficiente para mantener la suspensión de sólidos, tanto los añadidos como los producidos por mineralización. En la Fig. XVIII, adaptada de "Tannery and Pollution"⁽¹¹⁾, donde el esquema está

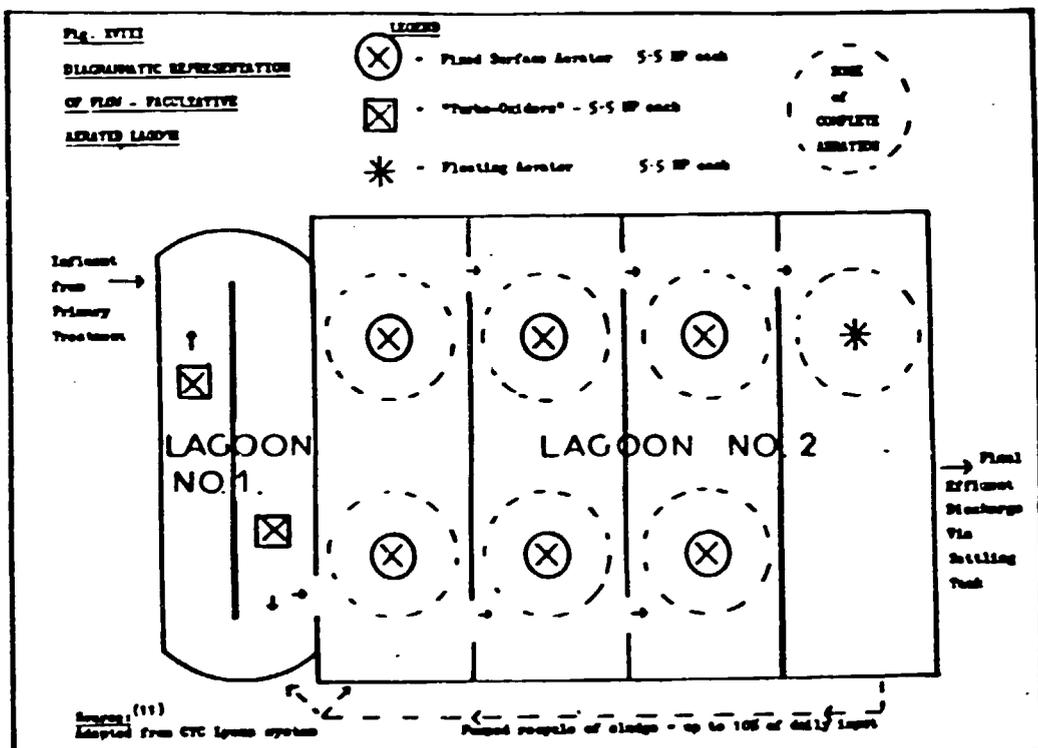
detallado, puede verse una representación esquemática de esas lagunas facultativas aireadas. En resumen, para una entrada de 2.000 m³/día se emplean dos lagunas:

N° 1 - 3.000 m³

N° 2 - 15.000 m³

Total 18.000 m³ con 9 días de retención

FIGURA XVIII
REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL CAUDAL EN UNA
LAGUNA FACULTATIVA AIREADA



Los dos turbooxidadores son de montaje flotante y facilitan el movimiento circular en la laguna N° 1, que tiene una profundidad de 2,5 m. La laguna N° 2, que está subdividida en cuatro compartimentos, tiene 1,7 m de profundidad útil y está provista de aireadores según se representa. El sistema produce zonas de aireación completa y aireación parcial, además de zonas anaerobias sin contacto con los aireadores, donde se producen depósitos de sólidos y se estimula la actividad anaerobia. A primera vista, el sistema tiene un bajo costo tanto de instalación como de funcionamiento; sin embargo, esto requiere

una gran disponibilidad de terreno ya que 2.000 m³ día necesitan casi 10.000 m² de superficie de laguna. En las zonas donde puede haber una contaminación del agua subterránea, el costo de revestir esos estanques puede aumentar el costo aparentemente bajo de instalación.

De mayor importancia fundamental es la necesidad de drenar y limpiar de cieno las lagunas completas cada 5 a 10 años, pues esto puede llevar tres meses, y es posible que el sistema requiera alguna modificación. Quizá resulte factible construir las lagunas de modo que haya tres sistemas en paralelo, dos de los cuales funcionan al mismo tiempo mientras que el tercero está parado para la limpieza. Esta ampliación del sistema en un 50% aumentaría, sin embargo, la capacidad total de la unidad de tratamiento a más de 13 días de retención y exigiría una superficie mayor (casi 7,5 m² de laguna por m³ de efluente/día, aunque podría estar justificada en zonas donde la energía sea muy cara.

Lagunas de evaporación: pueden utilizarse en zonas áridas remotas y sus dimensiones dependen de las tasas locales conocidas de evaporación. Sin embargo, en esas zonas áridas suele considerarse antisocial evaporar regularmente cantidades importantes de agua que, con un tratamiento mínimo, podrían utilizarse en beneficio de la sociedad. Además, estas lagunas de evaporación pueden adquirir características anaerobias con descargas malolientes.

NOTA: ADVERTENCIA RELATIVA A LA CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Durante la instalación y el funcionamiento de los tanques, vasijas y lagunas, etc. deben tenerse debidamente en cuenta las condiciones geológicas locales. Cuando no se disponga de datos geológicos completos sobre la permeabilidad del subsuelo, quizá convenga revestir todas esas unidades (con lámina de butilo, etc., o cemento) para evitar la contaminación de las aguas subterráneas por infiltración desde la planta de tratamiento.

ANEXO I A
CANTIDADES DE CONTAMINACION POR TONELADA DE MATERIA BRUTA
(PESO SALADO)

		<u>Curtido</u> <u>al cromo</u>	<u>Curtido</u> <u>vegetal</u>	<u>Intervalo</u>
Alcalinidad	eq/t	750		
Sólidos totales	kg/t	675		350 - 1.250
Cenizas totales	kg/t	375		250 - 450
Sólidos en suspensión	kg/t	150	75	70 - 200
Cenizas en los sólidos en suspensión	kg/t	60	25	25 - 60
Sólidos sedimentados (2 h)	m ³ /t	6	3	1,5 - 7,5
DBO ₅	kg/t	60	85	40 - 100
DIO	kg/t	10		
KMnO ₄ (índice de)	kg O ₂ /t	70	120	
DQO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	kg/t	175		120 - 280
Sulfuro	kg/t	7		
Nitrógeno total	kg/t	10		
Nitrógeno amónico	kg/t	3		
Cromo	kg/t	4,5	0	
Cloruro	kg/t	160		
Sulfato	kg/t	40		
Fósforo	kg/t	0,07		

Fuente: Ref⁽¹⁾ "Environmental Considerations in the Leather Producing Industry".

ANEXO I B

POSIBLE COMPOSICION DE UN EFLUENTE DE CURTIDURIA TIPICO
"AMBIENTALMENTE INSANO"

		<u>Curtido</u> <u>al cromo</u>	<u>Curtido</u> <u>vegetal</u>
pH			ca. 10
Sólidos totales	mg/l		15.000
Cenizas totales	mg/l		8.000
Sólidos en suspensión	mg/l	3.300	1.700
Cenizas en los sólidos en suspensión	mg/l	1.300	600
DBO ₅	mg/l	1.300	1.900
KMnO ₄ (índice de	mg O ₂ /l	1.600	2.700
DQO (K ₂ Cr ₂ O ₇)	mg/l	3.500	4.500
Sulfuro	mg/l		160
Nitrógeno total	mg/l		220
Nitrógeno amónico	mg/l		65
Cromo (Cr)	mg/l	100	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l		3.500
Sulfato (SO ₄ ⁻⁻)	mg/l		900
Fósforo (P)	mg/l		2
Extracto etéreo	mg/l		400

Fuente: Calculado a partir del Anexo I A, de suponer, en general, un consumo de agua de 45 l/kg.

ANEXO II

ESQUEMA DE UN PROCESO TÍPICO - "TECNOLOGIA SEMITRADICIONAL"

CUEROS SECOS AFRICANOS PARA PIEL GRANEADA DE EMPINES

<u>PROCESO</u>		<u>ENTRADAS/CONTROLES</u>	<u>DURACION</u>
<u>REMOJO</u> (Rehidratar)	<u>Pesar</u>	Calcular el peso húmedo previsto = base para el proceso de enca- lado (el peso húmedo puede ser igual al peso seco x 2,9)	
	<u>Remojar</u>	En fosa con cambios de agua El consumo de agua puede ascender al 300% del peso húmedo previsto. (El número de cambios de agua y la duración del remojo dependen de las condiciones del curado y de la temperatura ambiente). El consumo total de agua puede exceder del 1.000% Puede necesitarse un bactericida	2 días
	<u>Levantar</u>		
	<u>Secar en bombo y lavar</u>	Según el estado	3 horas
	<u>Descarnar en fresco</u>	A máquina (primero puede ser necesario cortar en mitades)	
<u>ENCALADO en bombo</u>		200% de agua a 28°C 4% de cal (apagada) 0,5% de glucosa 1,5% de sulfuro sódico	
	<u>Bombo</u>		1 hora
	<u>Añadir</u>	2,0% de sulfuro sódico	
	<u>Bombo</u>	A intervalos para balance, de	24 horas
	<u>Levantar</u>		
	<u>Descarnar</u>	A máquina	

(continuación del Anexo II)

	<u>Redondear-recortar-pesar</u>	= Base para el desencalado y el curtido	
<u>DESENCALADO Y CURTIDO</u>	<u>Lavar en bombo</u>	Agua corriente durante	15 minutos
	<u>Drenar</u>		
	<u>Desencalar</u>	70% de agua a 25 ^o C 2% de bisulfito sódico	
	<u>Bombo</u>	(Prueba de la fenolftaleína)	15 minutos
	<u>Macerar</u>	0,3% de macerante pancreático	
	<u>Bombo</u>	(Prueba del macerante pancreático)	Depende de la sustancia
	<u>Drenar</u>		
	<u>"Piclar"</u>	70% de agua a 25 ^o C 6% de sal 1,2% de ácido sulfúrico	
	<u>Bombo</u>		1 hora
	<u>Añadir</u>	0,5% de ácido fórmico	
	<u>Bombo</u>		1/2 hora
	<u>Añadir</u>	12% de cromo autobasificante	
	<u>Bombo</u>		6-8 horas
		<u>DEJAR EN REPOSO TODA LA NOCHE</u>	
	<u>Levantar</u>		
	<u>Apilar</u>		48 horas
	<u>Ecurrir</u>	<u>AHORA EN ESTADO DE PIEL SEMICURTIDA HUMEDA</u>	

	<u>Aserrar</u>		
	<u>Afeitar</u>		
	<u>Pesar</u>	= base para el proceso ulterior	
<u>RECURTIDO/TINCION</u>	<u>Lavar en bombo</u>	Dos veces con el 300% de agua a 30 ^o C	15 minutos
	<u>Neutralizar</u>	100% de agua a 35 ^o C 1% de formiato cálcico	

(continuación del Anexo II)

<u>Bombo</u>		30 minutos
<u>Añadir</u>	0,25% de bicarbonato sódico	
<u>Bombo</u>		15 minutos
<u>Lavar</u>	Dos veces con el 300% de agua a 50°C 1% de tinte	
<u>Bombo</u>		15 minutos
<u>Añadir</u>	3% de sintano 1% de aceite sulfitado	
<u>Bombo</u>		15 minutos
<u>Añadir</u>	4% de extracto de Mimosa	
<u>Bombo</u>		15 minutos
<u>Añadir</u>	2% de resina	
<u>Bombo</u>		30 minutos
<u>Licor graso</u>	100% de agua a 55°C 3% de aceite de bacalao sulfatado ligero 1% de aceite de bacalao crudo 2% de relleno (harina de soja u otra)	
<u>Bombo</u>		45 minutos
<u>Añadir</u>	0,5% de aceite catiónico	
<u>Bombo</u>		15 minutos
<u>Enjuagar</u>		
<u>Levantar</u>		
<u>Ecurrir</u>	A máquina	
<u>Alisar</u>	A máquina	
<u>Secar con pasta</u>	Sobre placas de vidrio	
<u>Acondicionar a mano/</u>		
<u>Estirar y ablandar</u>	A máquina	
<u>Secar</u>		
<u>Clasificar/seleccionar</u>		

AHORA EN ESTADO DE PIEL EN PASTA

(continuación del Anexo II)

<u>ACABADO SEGUN DEMANDA:</u>	<u>TIPICAMENTE:</u>
<u>PROCESOS</u>	
<u>Alisar</u>	Prensa hidráulica
<u>Pulir</u>	A máquina
<u>Desempolvar</u>	A máquina
<u>Impregnar</u>	Con hisopo o con pulverizador
<u>Alisar</u>	Prensa hidráulica
<u>Repulir</u>	A máquina
<u>Desempolvar</u>	A máquina
<u>Pigmento con hisopo</u>	A mano o a máquina
<u>Pigmento pulverizado</u>	A mano o con pulverizador de auto
<u>Alisar/gofrar</u>	Prensa hidráulica
<u>Abrillantar</u>	A mano o con pulverizador de auto
<u>Medir</u>	A máquina
<u>Clasificar/seleccionar</u>	A mano
	<u>PIEL ACABADA PARA PALAS DE ZAPATOS</u>

ANEXO III

GLOSARIO

- *Costra La capa inferior de un cuero o una piel, o parte de un cuero o una piel distinta de la capa exterior, separada por aserraje, o el cuero obtenido con ella.
- *Cuero Término general que designa un cuero o una piel que todavía conserva su estructura fibrosa original más o menos intacta y que se ha tratado de modo que sea imputrescible incluso después del tratamiento con agua.
- ***Cúrtido húmedo Término que designa un cuero o una piel, que se han sometido a los procesos habituales de la curtiduría, se han curtido al cromo y se han dejado húmedos, tal vez para almacenarlos o exportarlos en ese estado.
- D.B.O. Demanda bioquímica de oxígeno: es una medida de la cantidad de oxígeno que se puede consumir durante la degradación biológica de los componentes orgánicos. La prueba se realiza a lo largo de cinco días y el resultado se expresa en forma de D.B.O.₅.
- D.Q.O. Demanda química de oxígeno: es una medida de la cantidad de oxígeno consumida químicamente para oxidar los componentes de un efluente. Esta prueba puede realizarse por dos métodos diferentes, empleando permanganato potásico que da un valor P.V. o bicromato potásico que da un índice de D.Q.O. ($K_2Cr_2O_7$).
- *Flor a. La capa exterior o lateral del pelo de un cuero o una piel que se ha escindido en dos o más capas (aserraje).

(continuación Anexo III)

b. El relieve visible en la superficie exterior de un cuero o una piel después de haber separado el pelo o la lana.

***Recurtido** Proceso de someter una piel, que ha sido ya más o menos completamente curtida por un proceso o una clase o mezcla de materiales de curtido, a un segundo proceso de curtido, con empleo de materiales de curtido similares o, más frecuentemente, distintos.

Sólidos en suspensión Indica los diversos sólidos en suspensión que pueden separarse de un licor por filtración.

Sólidos totales Indica tanto los sólidos disueltos como en suspensión en un efluente.

***Todo cromo (curtido)** El adjetivo "todo" se antepone a veces a "curtido al cromo" para subrayar que el cuero no se ha curtido por procesos de semicromo o mixtos con cromo.

****Turbidez** Medida de las propiedades de transmisión de la luz por el agua; es otra prueba que se usa para indicar la calidad de las descargas residuales y de las aguas naturales con respecto a la materia coloidal, que dispersa o absorbe la luz e impide así su transmisión.

***** Según la British Standard 2.780 : 1.956 - British Standards Institution

****** Según "Wastewater Engineering", publicado por Metcalf & Eddy Inc.

******* Según "Leather Technical Dictionary", Eduard Roether Verlag, Darmstadt.

ANNEX IV

PLANT AND EQUIPMENT AVAILABLE FOR TANNERY

EFFLUENT TREATMENT PROJECTS

I INTRODUCTION

A SCOPE AND LIMITATIONS

The summarized terms of reference relating to the preparation of this Annex were to prepare "a comprehensive Technical Annex of some 40/50 pages which should detail and analyse the plant and equipment currently available for utilization within tannery effluent treatment schemes".

In pursuance of this objective, contact was made with over 150 companies thought to be active in the manufacture and supply of suitable equipment. As a result of follow-up activity, detailed data was obtained from over 100 companies which forms the basis for this Annex. (Responses received after 31.1.84 are not able to be included).

The suppliers with whom contact was made were either of international repute in the field, or selected from national directories. At an early stage in the selection of suppliers it became obvious that the list of suppliers and their products could not be considered exhaustive, as from directories alone several thousand potential suppliers could be listed. Accordingly it was felt expedient to attempt general coverage only within six countries : Brazil, Denmark, Italy, F.R.G., U.K., U.S.A. Possibly at a later date UNIDO may attempt to broaden the data base by expanding this preliminary assignment.

Of necessity, a Paper of this brevity must be directed towards major items of equipment only, thus small but essential items and possibly costly items such as pipes, valves, electric controls etc. which are not of a specialised nature are not reviewed here. Some items of equipment are produced in a multiplicity of sizes and styles; therefore to limit the data it was, in some areas, felt expedient to seek details and quotations relating to equipment suitable for tanneries at three different scales :-

		<u>EFFLUENT</u>
Small Tannery	- 50 hides/day - Raw to Finished =	50 m ³ /day
Medium Tannery	- 300 hides/day - Raw to Finished =	300 m ³ /day
Large Tannery	-1,000 hides/day - Raw to Finished =	1,000 m ³ /day

A major objective of this Annex is to make available basic sectoral data to those in developing countries who may wish to prepare their own projects and who have only limited local supply of such specialised equipment. To this end this Annex only covers suppliers who are willing to handle individual units. Suppliers who are only prepared to install complete projects are thus excluded.

B SPECIFICATION AND PRICES QUOTED

Indicative Budget Prices were sought, on an "ex factory" or "F.O.B basis", and it must be appreciated that such "Budget Prices" may be subject to \pm 20% according to the real situation and accessories required.

Budget Prices, where necessary, were converted to a US \$ basis at January 1984, employing the following conversion rates :

Brazil	1,000.00	Cruzeiro	=	US \$ 1.00	
Denmark	9.92	Kroner	=	US \$ 1.00	
Italy	1,662	Lira	=	US \$ 1.00	
F.R.G.	2.69	DM	=	US \$ 1.00	
U.K.	£	Sterling	0.71	=	US \$ 1.00

It may also be pertinent to note that the apparent wide margins between cost of equipment of nominally similar specification may reflect variations in materials of construction, engineering and technological inputs, and a wide range of other factors, so that apparently similar units may have widely different levels of reliability and durability.

NOTE: Reference to brand or company name does not constitute endorsement of any product by the consultant or UNIDO. Neither does such mention of company or product infer superiority or comparison with other products of a similar nature not mentioned.

II PRODUCTS AVAILABLE

Under each product sub-heading below are listed the reference numbers of suppliers able to offer such plant or equipment or alternates. The product and suppliers and reference numbers are cross-referenced at Section III A "Product/Supplier Index". Suppliers reference numbers may also be found under suppliers addresses. Section III B.

The sequence of equipment dealt with below attempts to follow the normal pattern of effluent treatment, i.e. Screen - Primary Treatment - Secondary Treatment - Sludge; however, some items are used at many stages of effluent processing e.g. pumps, aerators etc., and for convenience these are covered jointly at the first possible employment in the sequence.

A. SCREENS

NOTE: In most cases it is preferred to screen effluents prior to pumping and/or equalizing, thus flow to screens will not be at equalized flow rates. Thus, given a small tannery of 50 hides/day which would produce some 50 m³/day, i.e. equalized flow of 2 m³/hour it is quite possible for a peak flow of 20 m³/hour rate be experienced for short periods (i.e. discharge of lime float for 50 hides x 25 Kg at 300% float = 4.4 m³ over a span of 15 minutes). Thus for screening purposes flows could be :-

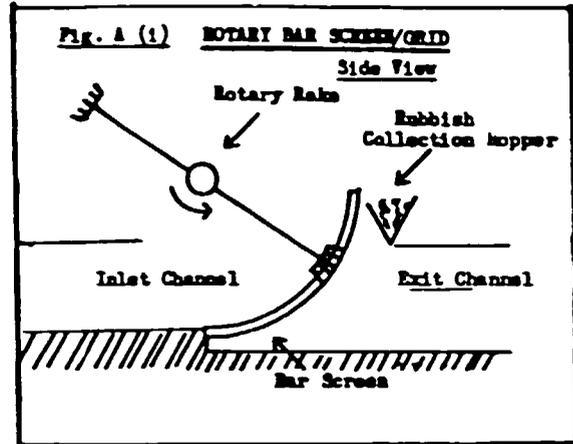
<u>Tannery</u>	<u>Daily Flow</u>	<u>Equalized Flow</u>	<u>Possible Peak Flow</u>
50	50 m ³	2 m ³ /hour	20 m ³ /hour
300	300 m ³	12.5 m ³ /hour	100 m ³ /hour
1,000	1,000 m ³	42 m ³ /hour	200 m ³ /hour

Potential Suppliers: Ref. Nos. 9/17/20/23/27/34/40/50/
53/64/90/103.

A. 1 GRIDS

GRIDS: designed to removed coarse objects, i.e. polythene bags, skins etc. for installation in developing countries with low labour costs may be locally fabricated and manually cleaned. For large projects or where labour costs are high, mechanically cleaned bar screens are available. A simplistic outline of such a rotary raked vertical bar screen may be seen at Fig. A (1). Slightly

more sophisticated models are more normal with the rake attached to a chain and cog device, operating behind the bar screen. Width between bars may vary from 2 - 10 cms. Channel width is the normal basic specification parameter. Range of channel widths normally 40 cms - 1.50 metre (10 cm steps)..



TYPICAL BUDGET PRICES (Supplier Ref. No. 40)

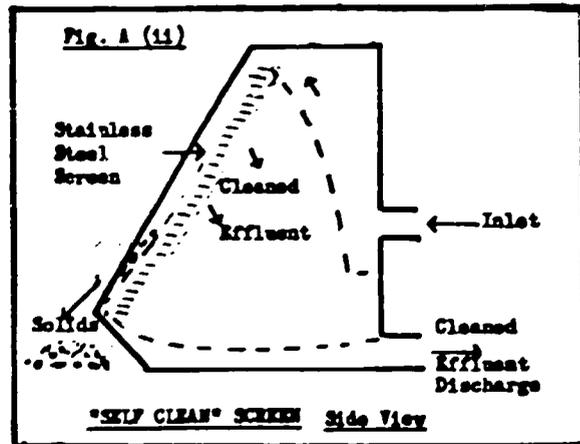
<u>Channel Width</u>	<u>Motor HP</u>	<u>US \$</u>
40 cms	0.5	2,136
70 cms	0.75	2,708
100 cms	1.00	3,219
1,500 cms	1.50	4,061
Optional Torque Limiting Device =		220

A 2 SCREENS

Three broad categories of screens are available (with some degree of overlap).

a) SELF CLEAN SCREENS

Such screens are normally composed of "wedge wire" screen panels. In order to obtain the self cleaning properties wire spacing of correct dimensions is essential as is the correct dimensioning of the screen

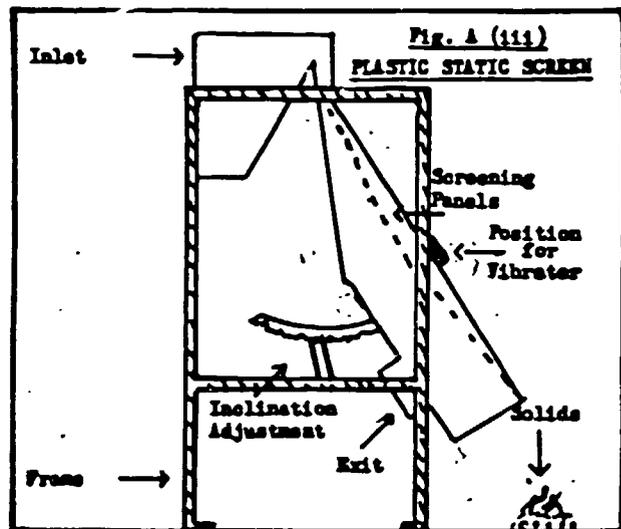


panel to avoid blinding of the grid. The wire spacing is governed by the characteristics of the grid. But for many screens 1.0 -

1.5 mm is an acceptable range for tannery usage. A number of patented stainless steel "wedge wire" conformations are available - some yielding a high level of "self-clean" properties (some lower cost products of more basic design still require regular manual attention). Fig. A (ii) shows the typical layout of such self-clean screens.

Recently a number of lower cost static screens have entered the market, these may have screens constructed of plastic materials, their design may not always yield full "self-clean" characteristics, but this is often partially overcome by adjusting the angle of the screening unit and the filter action may be augmented by fitting a vibrator (pneumatic or electric motive power).

For a variety of reasons the two types of screen are not readily comparable. The stainless wedge wire units are usually self-contained and may be installed easily and, if necessary, implanted within the floor, whereas the cheaper plastic screen units are simpler, free-standing models, not easily sunk into the ground if the rake adjustment is to be employed. See Fig. A (iii).



The price span of available equipment is thus wide, some reflection of material and engineering inputs :-

Budget Prices

<u>Stainless Steel - Self Clean</u> (Supplier Ref. No. 34) *				<u>Static Plastic Types</u> (Supplier Ref. 20) **	
<u>Flow</u>	<u>Dimensions</u>		<u>US \$</u>	<u>Dimensions</u>	<u>US \$</u>
	<u>Weir</u>	<u>Screen Length</u>			
20 m ³ /hr	0.6 m	1.2 m	2,324	1.3 x 1.6 m	1,619
120 m ³ /hr	3.0 m	1.2 m	8,690	1.9 x 2.1 m	2,805
240 m ³ /hr	2 x 3.0 m	1.2 m	17,380	2.9 x 2.1 m	5,174

* Complete stainless steel unit

** Plastic Grill, stainless body, galvanised supports

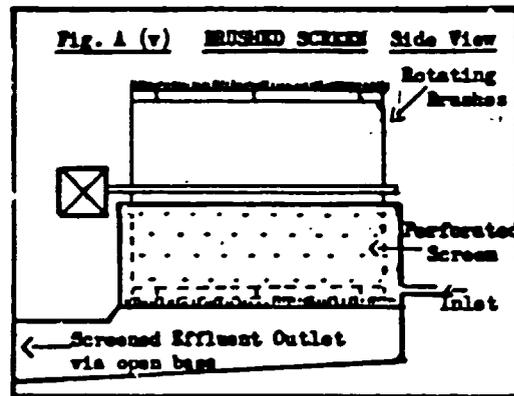
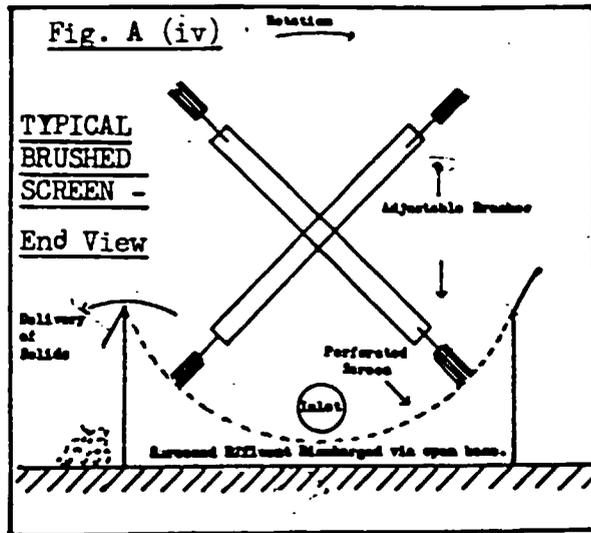
*** May need an additional cost for vibrator of approximately 10 - 20% extra.

(Self Clean Screens available in wide range of sizes - weir width available 0.5 m - 3.0 m by 0.3 m steps).

b) BRUSHED SCREENS

The brushed screen is possibly the most frequently employed screen used in tanneries. Universally known by its generic name "Parkwood" type, it has proven durability and, apart from infrequent but regular replacement of the poly-propylene brushes, needs little attention. They are available with choice of perforation - 1.5 mm perforation often employed in tanneries. From the installation viewpoint they are simple to sink into the floor and require relatively little level fall.

Budget Prices :



<u>Brushed Screen - Supplier Ref. No. 64</u> * **			
<u>Capacity</u>	<u>Brush Motor</u>	<u>Screen Size</u>	<u>Budget Price</u>
29 m ³ /hr	0.375 Kw	0.8 long x 1.0 m wide	US \$ 3,387
112 m ³ /hr	0.75 Kw	1.6 long x 1.9 m wide	7,268
280 m ³ /hr	1.10 Kw	3.9 long x 1.9 m wide	12,141

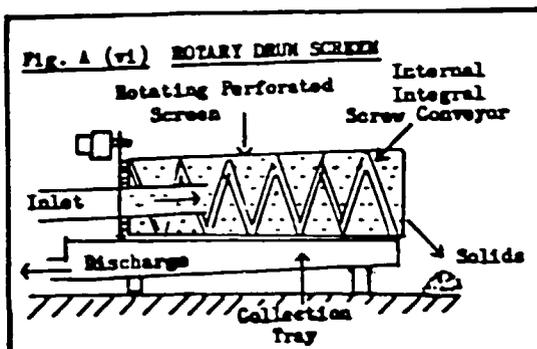
* Stainless screen, mild steel body zinc coated then machine enamelled

** Spares set including bearings and brushes from US \$ 150 - 350 per machine.

(Standard Brushed Screen unit available from 0.5 - 4.0 m long by steps of 0.4 m or similar).

c) ROTARY SCREENS

A wide range of rotary screens are available. Fig. A (vi) shows the side view of a typical model currently marketed. Generally the screens are of stainless steel - some screens employing perforations, others slots. Drive is variously by cog or chain



drive to drum screen periphery, or direct mounted motor. The more sophisticated and efficient drum screen have internal auger shaped integral conveyance systems, or other patented devices, to promote the discharge of the separated solids. Additionally, with such screens a cleaning device may be installed, employing brushes and sometimes, also, water jet spray.

Perforations suitable for tannery usage are circa 1.0 mm. The fall required by rotating drum screens is circa 0.5 metre.

Typical Budget Prices (as Fig. A (vi)) Supplier Ref. 90

<u>Throughput</u>	<u>Unit</u>	<u>Drum Dimensions</u>	<u>Motor</u>	<u>Cost US \$</u>
5 m ³ /hr	1	mini unit	0.15 Kw	3,800
20 - 80 m ³ /hr	1	0.6 dia. x 0.9 m	0.75 Kw	7,344
90 - 180 m ³ /hr	1	0.6 dia. x 1.9 m	1.10 Kw	9,934
80 - 300 m ³ /hr	2	0.6 dia. x 1.8 m	2 x 1.10 Kw	19,867

A more simplistic system exists (possibly of a lower "self clean" nature) where the crude effluent is fed to the exterior of a rotating screen, with the cleaned effluent entering the rotating screen.

Budget Prices (Supplier Ref. No. 20)

<u>Flow</u>	<u>Drum Width</u>	<u>Cost US \$</u>
70 m ³ /hr	0.4 m	4,693
150 m ³ /hr	0.7 m	5,247
250 m ³ /hr	1.0 m	6,185

B PUMPS - EFFLUENT

NOTE: The selection of pumps for effluent handling is most critical. It is assumed that a screened effluent - following equalization - will be pumped forward at a constant rate throughout 24 hours. It is also assumed that pump flow is governed by a level control device, as few pumps can withstand "dry pumping". It is further assumed that in general tannery effluent is not compatible with normal "non-return valve" operation, and for this reason some so-called "self priming" pumps which incorporate such valves may not be suitable in tanneries.

The three scales of tannery mentioned earlier i.e. :

Small -	50 m ³	effluent/day will yield an equalized flow of circa	$\frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$ 2.0
Medium -	300 m ³	effluent/day will yield an equalized flow of circa	12.5
Large -	1000 m ³	effluent/day will yield an equalized flow of circa	42.0

In general it is inadvisable to attempt pumping even well screened tannery effluents through a pipe of less than 38 mm (1½") diameter, otherwise the risk of blockage may be great. Where possible pipes of 50 mm minimum are preferred. This poses problems for the small unit above, as even the output of the normal small commercially available pumps of 38 mm diameter far exceeds the rate of 2 m³/hour; in such circumstances it may be preferable to use a pump/pipe combination of excess capacity, but incorporate a time switch (e.g. 2 minutes on - 5 minutes off) in the pump circuits. Alternatively, the helicoidal pump or similar which may be more easily controlled, by motor speed adjustment, could be employed (see C Pumps, Sludge later). Alternatively, the employment of macerator pumps may allow smaller bore pumps to be employed. Care must be taken to ensure that the velocity through pipes is sufficient to ensure self-cleansing velocity of some 0.75 m/sec (i.e. minimum flow rate through pipe of 65 mm is some 7.5 m³/hour), more normally flow rates approaching 3 m/sec may be preferred - but over velocities of 4 m/sec excessive scouring may occur.

A wide range of mounting arrangements are available for effluent pumping - the most common are :-

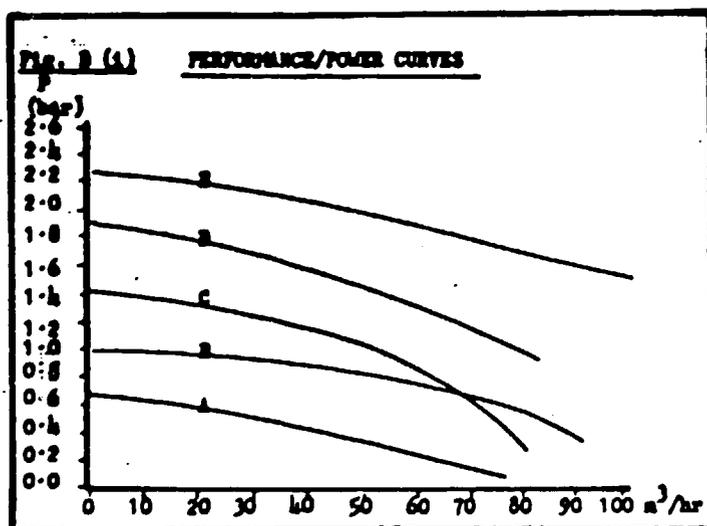
- (1) Submersed - Portable Suitable for small units - a submersible pump is installed on the chamber base, either flexible piping or quick release couplings will allow the pump to be easily removed for service etc.

- (ii) Submersed. Submersible pump is lowered to base of vessel employing guide rails and attached with a quick release coupling.
- (iii) Dry Well. The pump is situated in a "dry well" excavated adjacent to the chamber, so that the pump is positioned at lowest pumping level anticipated. The pump is connected via a pipe through chamber wall.
- (iv) Surface Mounted Pump. Inlet via suction pipe. (Need for self priming action).

The characteristics of pumps may vary from manufacturer to manufacturer and therefore typical performance curves given below may not always be relevant. (Potential supplier will supply his own performance data). Capacity varies according to power input/motor RPM/head/pipe size etc. A wide range of centrifugal pumps are available for use - generally, considering the high risk of solid particles in tannery effluents, it is preferable to employ "unchokable" vortex or similar styles which have impeller chambers with high solid passing capacity.

Potential Suppliers: Ref. Nos. 1/14/16/27/32/33/35/39/44/
47/51/69/71/72/81/87/101.

A typical high quality submersible pump (with low installation cost and trouble-free operation) with a turbine impeller and a patented cutter insert has performance curves as shown in Fig. B (1). As may be seen the output of even the smallest pump at, say, 5 m head (approximately 0.5 bar) exceeds the



requirement of small/medium tanneries (although flow could also be reduced by fitting a bypass to return some pumped liquor to the supply vessel).

Typical Budget Prices for such pumps :-

<u>SUBMERSIBLE PUMPS</u>				
<u>Pump</u>	<u>Kw</u>	<u>Supplier Ref. 39*</u>	<u>Supplier Ref. 44**</u>	
A	1.1	US \$ 1,063	-	
B	2.5	1,115	US \$ 1,400 (2 HP)	
C	4.0	1,211	-	
D	4.0	1,201	-	
E	5.5	1,342	-	

* Turbine Impeller with cutter

** Full range available - only above non-clog unit priced - includes control panel and two level regulators.

Lighter duty submersible pumps are available from a few suppliers and could prove suitable in small installations, (e.g. Guinard) models of 0.55 - 0.75 Kw with outputs of 5 - 7 m³/hour at 5 m head (according to impeller fitted) are available at US \$ 4 - 500.

A wider range of non-submersible centrifugal pumps may be employed in dry well installations or other situations where they can operate under positive suction head. Examples with technical detail, specification and Budget Prices may be seen :-

<u>TORQUE FLOW - CENTRIFUGAL PUMPS (S/R No. 87)</u>					
<u>Installed Motor Power</u>	<u>Absorbed Power</u>	<u>Diameter</u>		<u>m³/hr*</u>	<u>US \$</u>
		<u>Suction - Discharge</u>			
1.5 HP	0.4 - 0.5 HP	50 mm	32 mm	2	797
2.0 HP	0.8 - 0.9 HP	65 mm	40 mm	15	833
4.0 HP	2.1 - 2.3 HP	80 mm	65 mm	40	1,632

* at 5 m head.

C PUMPS - SLUDGE

The volume of sludge is dependent on the efficiency of the coagulation, flocculation and sedimentation received during primary

treatment. A typical sludge volume could be 8 - 10% of total effluent volume.

Thus the three tannery scales previously used as examples :-

Small Tannery 50 m Effluent/day could yield 5 m³/day sludge
 Medium Tannery 300 m Effluent/day could yield 30 m³/day sludge
 Large Tannery 1,000 m Effluent/day could yield 100 m³/day sludge

The outputs of sludge pumps - employing a minimum of 50 mm (2") bore pipes - generally exceeds the continuous flow rates needed for the above volumes. It is quite normal for such pumps to be time clock operated to obtain a few minutes pumping every 1/4 or 1/2 an hour.

Potential Suppliers: Ref. Nos: 1/3/10/14/24/27/33/35/44/47/
 65/70/71/72/81/87/103

C. 1 HELICOIDAL PUMPS

These are the most commonly employed sludge pumps. The advantage of such pumps is that they are positive displacement, able to convey solids and have a self-priming action. The output of such pumps is governed by diameter and eccentricity of the Rotor (and pitch of stator) which are characteristics of individual manufacturers' ranges, as well as by the viscosity of the liquor being pumped. Thus the formulas involved in pump selection are complex. Fortunately the flow is proportional to the speed of rotation and in practice adjustment of RPM is employed to obtain required output and manufacturers all are prepared to assist in selection. It should be noted that helicoidal pumps must not be allowed to run dry (Float Control essential if pumping from vessel not continuously filled). Run Dry protection is installed in some pumps operated by an electronic sensor and relay.

Some typical examples of Helicoidal Pumps, specification and Budget Price (including motor) may be seen : (Suppliers Ref. No. 47) *

Installed HP	Flow at RPM ***			Pipe Diameter	Cost ** US \$
	250	500	1,000		
1.5	0.8 m ³ /h	1.9 m ³ /h	4.0 m ³ /h	38 mm (1½")	678
2.0	1.25 m ³ /h	2.8 m ³ /h	5.0 m ³ /h	63.5 mm (2")	969
3.0	2.6 m ³ /h	5.5 m ³ /h	11.3 m ³ /h	63.5 mm (2")	1,027
5.0	6.1 m ³ /h	13.0 m ³ /h	28.0 m ³ /h	76 mm (3")	1,289
7.5	11.6 m ³ /h	25.0 m ³ /h	39.0 m ³ /h (800 RPM)	101.6 mm (4")	1,372

* The Table quoted refers to Brazilian standard domestic prices -

discounts may be obtainable for export.

** Body cast iron, rotor and shaft stainless steel. Pressures
6 Kg/cm² (Single Stage Pumps).

*** Intermediate speeds available in steps of 50 RPM. Flow
rates assuming pressure of 2 Kg/cm².

(Slightly cheaper models may be obtained in other countries, e.g. somewhat similar specification to the 1.5 HP pump i.e. 4.0 m³/hr may be offered at circa US \$ 500).

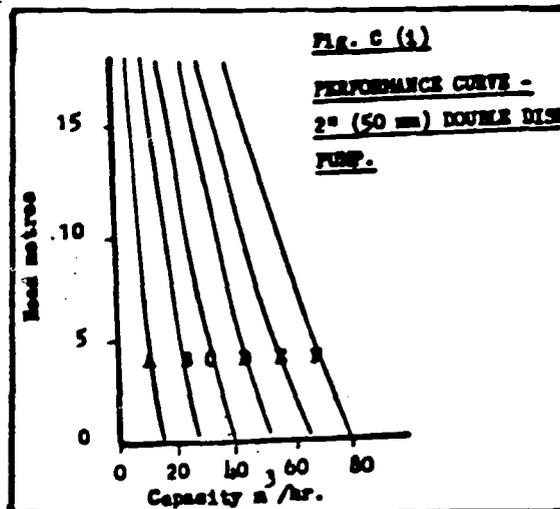
C 2 PLUNGER PUMPS

May equally be employed for sludge pumping, although their major employment in the tannery sector is for pumping fleshings. Their output is possibly too high for small/medium tanneries, e.g. 3 HP, 7" plunger, 76 mm (3") pipe, has an output up to 9 m³/hr (at 3 m suction). (Supplier Ref. 81). Budget Price: US \$ 2,017

C 3 DOUBLE DISK TYPE

Diaphragm pumps, said to be suitable for slurries, and will accept solids up to 12 mm, in addition to being self-priming, such pumps are able to run dry without damage.

Typical output curves of such pumps may be seen at Fig. C (1).



Specification and Budget Prices for Double Disk Pumps may

be: (Supplier Ref. No. 71)

* Pump (See Fig.C (1))	Pipe Bore	Speed RPM	Installed HP	** Approx. Output m ³ /hour	Cost US \$
A	50 mm (2")	300	0.75	2	1,345
B	50 mm (2")	475	1.00	5	1,359
D	50 mm (2")	1,480	3.00	15	1,128
F	76 mm (3")	730	10.00	40	2,439

* Pump Aluminium. Discs and Trunnions of high grade Nitrile

** At 5 m head.

D DOSING PUMPS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 8/12/16/37/46/55/84/85

Dosing Pumps are available operated by diaphragm or piston. The major differences being pressure and accuracy of discharge. Such dosing pumps may discharge into mixing vat or directly into the pumped effluent within a pipe. Given typical tannery usage either style may be applicable, as pressure requirements even when injecting into a typical pumped flow pipe is not unduly high.

Dosing Pumps are normally actuated and controlled by effluent flow pump circuit and also coupled to pH controller. Proportional dosing is available controllable by pH meter and/or flow meter, however, provided flow and pH are not unduly erratic such levels of sophistication may not be justified within tannery effluent operations. And it is more normal in developing countries to operate an "on-off" system, manually adjusting the 0 - 100% control of maximum flow normally available on these units.

Materials of construction of diaphragm and piston may vary according to reagent being dosed. It is essential, however, that the pump unit be sufficiently robust and corrosion proof. Pumps are available with 1, 2 or more dosing heads (each individually adjustable) operated by one motor.

Typical dosing ranges and budget prices may be seen :-

<u>S/Ref. No. 12*</u> <u>Diaphragms</u>		<u>S/Ref. No. 46**</u> <u>Pistons</u>		<u>S/Ref No. 84***</u>		<u>S/Ref No. 55***</u>	
<u>Range</u>	<u>US\$</u>	<u>Range</u>	<u>US\$</u>	<u>Range</u>	<u>US\$</u>	<u>Range</u>	<u>US\$</u>
0 - 40 l/hr	641	0 - 30 l/h	593	-	-	0 - 30 l/h	425
0 - 100 l/hr	669	0 - 105 l/h	608	0 - 120 l/h	613	-	-
0 - 200 l/hr	697	0 - 190 l/h	683	0 - 500 l/h	735	0 - 200 l/h	1,000

* Liquid end of pump constructed stainless steel

** Stainless Pump

*** Wide range of construction available. Budget Priced quotes material not specified.

Double Headed Dosing Pumps in general costing from 60 - 70% more than single units are available with the output of each pump being individually controllable (0 - 100% of output).

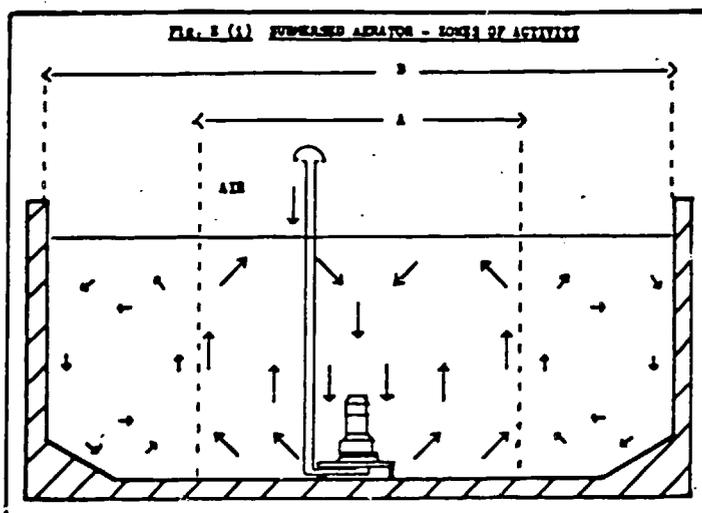
E SUBMERSED AERATORS

Potential suppliers: Ref. Nos: 1/34/44/45/52

E 1 TURBINES - SELF ASPIRATING AND BLOWER AIDED

A typical submersed (immersed) aerator consists of a submersible motor coupled to a turbine rotor within a stator. The rotating turbine creates a vacuum which is filled with air entering through a snorkel pipe. The air and water are intimately mixed and discharged via diffuser channels to form bubbles in the reactor vessel. High rates of oxygen transfer are reported, and the turbulence keeps solids well suspended. The efficiency of such units increases with depth - blowers may be employed to increase efficiency at depths of 4 m or more.

Two zones of activity are obtained:- The inner zone A in Fig. E (i) has high levels of aeration and turbulence, and is the area of maximum activity. The outer zone - B in Fig. E (i) has lesser levels of aeration, but still sufficient flow to allow mixing and ensure solids are kept in suspension.



Submersed aerators may be employed :-

Stationary - sitting on the base of the reactor vessel held by their own mass or positioned with guiderails which may be attached to a bridge,

Mobile - attached to moving or revolving bridges,

Floating Motor - with buoyancy chamber

In addition to relatively high oxygen transfer rates a major advantage of submersed aerators is their low noise level, which is reported to be below 35 decibels at 50 m distance. (Well below noise levels of typical surface aerators).

Specification and Budget Prices of some Submersible Aerators
may be seen :-

Supplier Ref. No. 45*

<u>Motor Rating</u> <u>Kw</u>	** <u>Activity Zones</u> <u>Dimensions</u>		*** <u>Oxygen Transfer Rates</u> <u>Self Aspirating</u>		<u>Cost</u> <u>US \$</u>
	<u>A</u> <u>metres</u>	<u>B</u> <u>metres</u>	<u>Basin A</u> <u>Kg/hr</u>	<u>Basin B</u> <u>Kg/hr</u>	
4.4	2.6	6.0	5.0	3.5	3,266
13.5	4.0	10.0	22.0	14.0	5,704
30.0	5.0	12.0	45.0	30.0	9,063

* Full range available with motors of 4.4/5.9/13.5/22/30/44/55 Kw

** See Fig. E (i) above for Zones A and B

*** Clean water, standard conditions at 4 - 6 m depth.

Transfer of oxygen may be increased employing air blowers some 50% increase in the small units but only circa 20% extra transfer for the larger units 44/55 Kw.

Supplier Ref. No. 1

<u>Pump Kw.</u>	<u>Max. Oxygen Input</u> <u>Kg/hr</u>	<u>Budget Price</u> <u>US \$</u>
6.5	4.5	3,659
11.6	7	5,289
25.0	22	16,066

Other immersible aerators are also available with Budget Prices as shown: It must be noted that specifications are not directly comparable, and

more detailed output curves are available from manufacturers.

E 2 CAVITATION AERATORS

These are reported as being most economical when employed in sulphide oxidation operations. They are small and relatively easy to install.

Typical Budget Price for a 1.1 Kw unit circa US \$ 2,550 (Supplier Reference No. 52). Reported transfer rates as high as 20 Kg Oxygen/hr at high sulphide concentration.

E 3 OTHERS

For small scale aeration operations, it is possible to employ Air

Ejectors coupled to submersible water pumps. The pumped water jet passes through a nozzle in the ejector housing; a partial vacuum is created, which causes air to be sucked via a snorkel of 2 m or so, such air is intensively mixed with the pumped water. Such units may transfer up to 10 litres air/sec, with oxygen transfer efficiencies of 10 - 25% according to depth of immersion (1 - 2 Kg oxygen/hour). Such ejectors cost of the order of US \$ 150 - 400 and require a submersible pump, possibly a further US \$ 250 - 400 (see earlier).

- - - - -

F AERATORS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 4/6/16/22/23/34/36/37/40/49/94

Aerators are available in a number of styles :-

Surface Aerators - on floats (high and low speeds available)

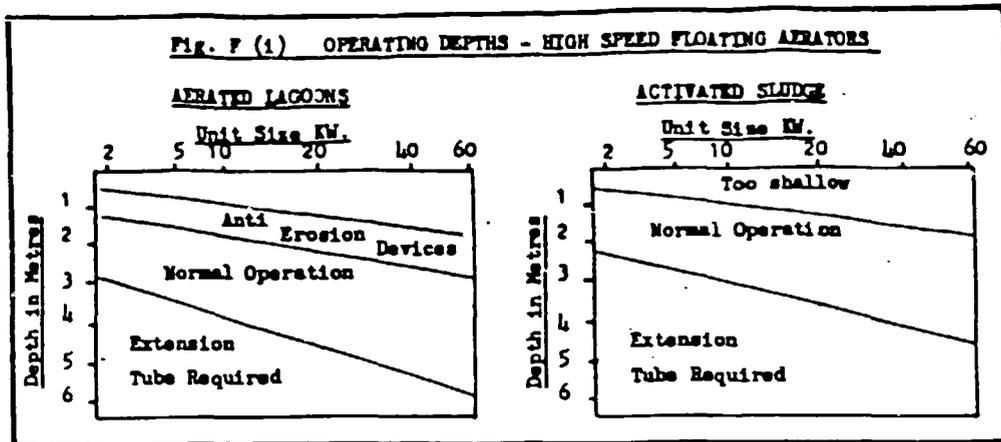
Surface Aerators - supported on bridges (high and low speeds available)

Non Surface Aerators - with motor mounted on bridge and impeller at fixed or adjustable immersion depth.

Aeration is effected by 4 or 6 or 8 bladed paddle arms (slow speed) or by 2 - 16 or more bladed propellers or inverted fluted integral cone impeller/rotors. Rotors are generally of stainless steel construction and with better units dynamically balanced (high speed). Floats normally of stainless steel or fibreglass foam filled.

High speed aerators are directly coupled to the motor - usually 260 or 1500 RPM, in large units 2 speed operation is available. Slow speed aerators with speeds of 40 - 80 RPM require reduction gear, may be more expensive. Oxygen transfer efficiencies do not vary greatly from type to type and selection of model is much influenced by the scale of the operation. For small/medium units floating aerators are more popular having negligible installation costs, with bridge type constructions only being employed for large units where the cost of the necessary structure is balanced by ease of access for servicing.

The operational characteristics of aerators vary from manufacturer to manufacturer, but a typical guide to operating depth of a high



speed aerator may be seen at Fig. F (i).

The dimensions of "Zone of Activity" for aerators vary, but typical tank dimensions (as quoted by an aerator supplier) may be seen :-

TYPICAL SPECIFICATION OF FLOATING AERATOR					
	2	5	10	20	40
HP	2	5	10	20	40
Oxygen Transfer Kg O ₂ /hour*	3.3	7.5	14.5	25.4	45.5
Spray Diameter. Metres	4	4.6	5.5	6.5	8.0
Minimum Tank Dimensions - Metres	3.5	5.5	8.0	10.0	14.0
Maximum Tank Dimensions - Metres	7.0	10.0	16.0	20.0	27.0

* Measured with absorbed power of 30 w/m³

TYPICAL CURRENT AERATOR BUDGET PRICES (in US \$) :-						
HP	Potential Suppliers Reference Nos :					
	4	23	36	37	40	40
2 - 3	-	1,264	-	1,460	1,955	2,016
5	-	2,076	6,338	1,700	2,467	2,316
10	10,563	2,768	8,451	2,510	3,159	2,918
15	11,972	-	-	-	3,670	3,430
20	14,085	-	-	-	4,152	3,971
Floating (including Float)	*			*		*
Fixed		*	*		*	
High/Low Speed	Low	Low	Low	High	Low	High

NOTE: Budget Prices above based on recent quotes but most manufacturers produce full range from 2 - 100 HP.

G. AIR BUBBLE DEVICES/DIFFUSERS

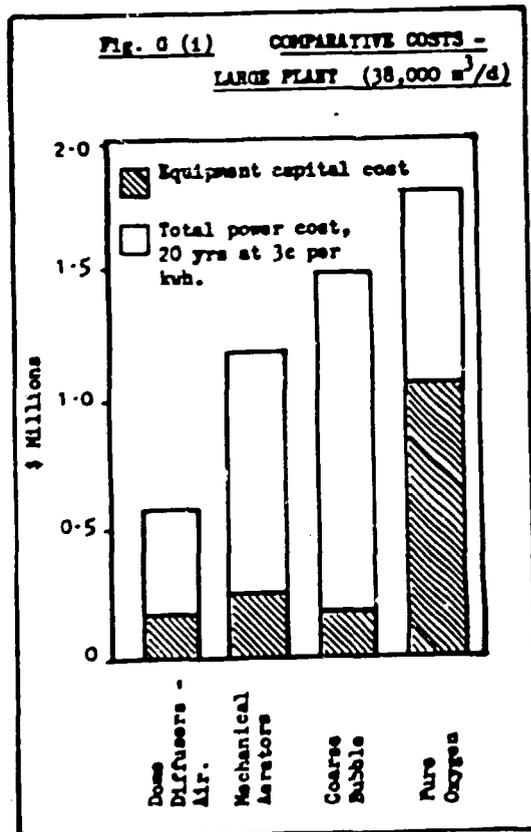
The basic operation of such devices entails an Air Blower (see Section H later), connected to one or more porous or perforated devices laid or fixed to the base of the reactor, which will cause air bubbles to rise to the surface, oxygenating as they rise, in addition to stirring the liquor.

Oxygen transfer is governed by the diffuser size, porosity, bubble size, immersion depth and loading. Transfer of oxygen is measured by the efficiency in relation to the oxygen available in the air being diffused. This varies from 20% or so with fine bubbles and declines to only 8 - 10% with coarse bubble systems. (1 m³ air holds some 0.285 Kg. Oxygen).

A wide range of porous materials may be employed for the diffuser:- Fused Aluminium Oxide, conglomerated granulated quartz, ceramics, sintered plastics. An equally wide range of shapes and sizes of diffuser are also available with the result that direct comparison of cost:efficiency is impossible. It must also be noted that the cost of the diffuser may only be a fraction of the total cost - the bulk of expenditure often being accountable to the network of piping and associated blower.

The sizing of diffuser/blower combinations must take due account of four components: hydrostatic pressure (water head), pipework losses, pressure drop through diffuser and necessary reserve.

Major advantages of diffused air systems are the low noise level (only the blowers produce noise, and this may be damped down by enclosing and insulating the unit), and the low running costs. Fig. G (i) shows some comparative capital: running costs of alternate large



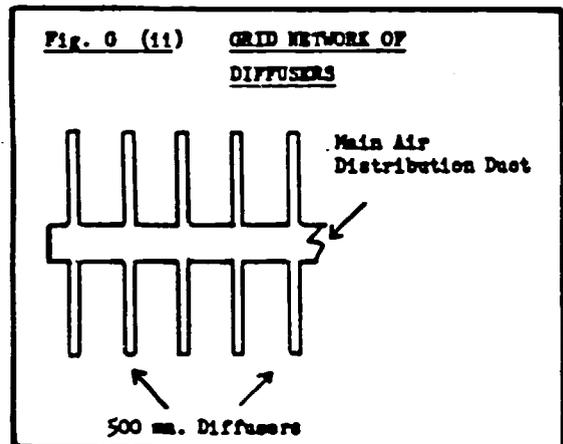
scale systems (published by a diffuser producer 1977). With the increase in power costs the differences today may be appreciably more marked.

Potential Suppliers: Ref. Nos: 25/28/35/36/40/41/42/
53/55/74/82/89/103

G 1 POROUS DIFFUSERS (Conglomerated/Fused Materials and Sinters)

a) TUBE

These are available in a wide range of sizes from 40 - 70 mm diameter, in lengths of 500 - 1,000 mm. Common practice is to affix, opposite each other, 2 x 500 mm tubes to the main supply pipe = 1 metre of diffuser. A network of such diffusers may then be easily built up as shown at Fig. G (ii). Normal output of such diffusers 50 mm O.D. with pore size 40 microns - Fine Bubble = 10 - 20 m³/hr/m of air diffuser.



Oxygen transfer efficiency varies according to depth of immersion and flow rates. Typically :-

	2 m depth	- 15% efficiency
increasing to	8 m depth	- 50% efficiency

	Minimum Air Flow of Diffuser	- 33% efficiency
declining to	Maximum Air Flow of Diffuser	- 20% efficiency

Pressure loss due to air resistance of the diffuser is reported at 25 - 30 mbars, but manufacturers suggest 80 - 100 mbars should be allowed when calculating blower requirements. (Variation in specification affect both output and pressure loss).

Budget Costs : US \$ 40 - 60 per meter diffuser (including connectors) (Large volume discounts available)

Budget prices refer to 100 units.

b) DOME/PLATE/CANDLES

The porous materials mentioned above are available in a wide range of shapes and configurations, some examples may be seen :-

- (i) Plate Diffuser - 360 mm. diameter - output 5 - 10 m³/hr - Pressure drop up to 50 mbar dependent on Air Input (see above) (for fixing to distributor pipe network).

S/Ref 89 Circa US \$ 28 each complete

S/Ref 41 12" x 12" - Circa US \$ 18 diffuser plate only

- (ii) Plate Diffuser - 260 mm. diameter - output normal 5 - 6 m³/hr. Pressure drop up to 30 mbars. Spring loaded plate to minimise backflow.

S/Ref 25 Circa US \$ 28 each complete

- (iii) Dome Diffusers - 17.8 cm. diameter - Fused Aluminium Oxide Dome welded and fused at 12" centres to 4" PVC distributor pipe - output 1 - 2 m³/hr. Fine 2 mm bubbles

S/Ref 53/74 Approximately US \$ 21 each dome (Price includes pipe).

G 2 LIFTING COVER - NON-CLOG DIFFUSERS

The most popular of these consists of a cone shaped plastic base fitted with elastomer cover which lifts around the edges to allow escape of air. When air pressure is reduced the cover returns preventing backflow.

Typical product - 12.5 cm diameter output 10 - 15 m³/hr, (Bubble size not quoted). (May be larger and less efficient than porous diffusers reviewed earlier). Pressure drop circa 30 mbars.

Budget Price (Supplier Ref. 35) Circa US \$ 16 each

G 3 POROUS PLASTIC TUBING

A wide range of easily installed porous plastic diffuser tubing is now available, which may be laid snake-like on the vessel floor from a main distributor pipe. A typical 18 mm. diameter tube with pores of 10 - 100 μ is said to discharge 2.4 m^3 air/hr/m length with a feed pressure of 0.5 bar. Such tubing may not have individual lengths exceeding 7 metres.

Budget Price: (Suppliers Ref. No. 56) US \$ 2.3 per meter (coils of 50 or 100 m).

G 4 LARGE BUBBLE PRODUCERS

A recent innovation has been the perforated plastic drum type diffusers. These units need ballast to overcome buoyancy. The 12 - 25 mm holes produce a high volume of coarse bubbles yielding relatively low levels of oxygen transfer efficiency. Their advantage is ease of installation with one unit handling high volume of air output. A typical example - The Venturator - 1 diffuser can have an output of up to 82 m^3 air/hr. The low efficiency is such that up to 180 m^3 air is required per Kg/B.O.D.₅ at 3 m. depth; this apparent inefficiency is partially balanced by the large volume handled. Such air flow is ideal for dispersing suspended solids. 1 unit is said to be able to agitate a tank of 3.9 m x 3.9 m x 3 m deep.

Budget Price (Suppliers Ref. No. 103) Circa US \$ 220 each, including flexible hose fitting.

- - - - -

NOTE: (i) The choice of fine vs coarse bubble aeration devices should not be based on capital cost alone. Fine bubble porous diffusers may become blocked if heavy concentrations of lime are present and if air flow is cut off. The presence of detergents may also reduce the efficiency of fine bubble diffusers. Under good conditions fine bubble diffusers may have an aeration efficiency of 4.0 Kg oxygen/KwHr, as opposed to the 1.0 - 1.2 Kg/KwHr for coarse bubble operations.

NOTE: (ii) The oxygen transfer efficiencies reported above refer to clean water. With high levels of pollution e.g. Sulphide bearing Lime liquors the efficiency will be appreciably higher due to their avidity for oxygen.

H AIR BLOWERS

Potential Suppliers: Ref Nos: 18/26/80/87/92/98/103/105

The volume of air required for any treatment process will be governed by the degree of efficiency of the diffusion system. With transfer efficiencies ranging from 25% (fine bubble, deep tank) ie 25% of 285 gms oxygen/m³/air = 71 gms oxygen/m³ air = 14 m³ air = 1 Kg oxygen to low efficiency (coarse bubble) operation requiring 180 m³ air = 1 Kg oxygen.

Thus, assuming 1 Kg oxygen = 1 Kg B.O.D.₅ the three hypothetical tanneries outlined earlier, with an efficient primary treatment yielding an influent to a secondary treatment system of circa 500 mg/litre B.O.D.₅ could require:

	m ³ /day	BOD ₅ /day	Air Requirement Efficiency			
			High m ³ /d	m ³ /hr	Low m ³ /d	m ³ /hr
Small Tannery	50	25 Kg	350	(15)	4,500 m ³	(187)
Medium Tannery	300	150 Kg	2,100	(87)	27,000 m ³	(1,125)
Large Tannery	1,000	500 Kg	7,000	(292)	90,000 m ³	(3,750)

To cover this wide span of possible requirements and allow reserve capacity, it was felt expedient to seek budget prices of blowers of 50 - 200 - 2,000 - 8,000 m³/hour output at a differential pressure of some 300 mbars. (Intermediate prices available by extrapolation.)

In general it may be noted that the Roots/Positive Displacement blowers are appreciably cheaper than the centrifugal blowers. Budget Prices and specifications for varying sized units may be seen :-

NOMINAL OUTPUT - AIR BLOWERS

<u>Suppliers</u> <u>Ref. No:</u>	<u>Note</u>	50 m ³ /hr		200 m ³ /hr		2,000 m ³ /hr		8,000 m ³ /hr	
		<u>Cost</u> <u>US \$</u>	<u>Motor</u> <u>Rating</u>						
18	(1)	N/available		2,745	5.5kw	11,038	37kw	16,730	110 kw
26	(1)	"	"	5,592		9,802		18,239	
26	(2)	"	"	N/available		11,830		18,592	
80	(3)	882	0.8 kw	918	2.5kw	1,979	20.9kw	9,868	81.1kw
87	(4)(5)	805	2.2 kw	831	5.5kw	2,836	30kw	7,931	110 kw
87	(6)	95	1.3 kw	137	4.1kw	958	25kw	3,449	91 kw
103		N/available		3,380	7.5kw	8,732	45kw	28,296	150 kw

- Notes: (1) Multi-stage centrifugal Blower
 (2) Roots Blowers
 (3) Prices quoted "Bare Shaft" - Positive Displacement
 Air Blowers output quoted against 300 mbar pressure.
 Kw = Absorbed Power
 (4) Positive Displacement Rotary Blowers - bare shaft
 output at 350 mbar differential pressure. Installed
 power.
 (5) Outputs not as table capacity, i.e. 200 = 430 m³/hr
 2,000 = 2,550 m³/hr
 8,000 = 4,250 m³/hr
 (6) Motor for above. (Absorbed Power).

I LEVEL CONTROL REGULATORS

Level control regulation, connected to flow pumps, is an essential of virtually every effluent treatment plant, to overcome the imbalance between influent rate and pumping rate. Thus, level regulation is necessary when low level is obtained to avoid "dry pumping" with danger to pump and, at high level, to avoid overflow.

To withstand the pressure of solids and the corrosive nature of tannery effluent it is normal to employ liquid level regulators comprising a mercury switch which is actuated by tilting, housed in a polypropylene bulb, similar units may be employed for the "high" and "low" duties with adjusted wiring.

Although many level regulators may operate at up to 380 v 10 amps and as such may directly activate small pumps, for heavier power control, an electric level control unit containing a relay is employed.

In many countries electricity/safety regulations insist that only low voltage circuits be fed via level regulators, in such case the use of a relay circuit is essential, allowing the regulator to carry a 20 - 24 volt input with the relay/control circuits being capable of switching up to 440 volts.

Potential Suppliers: Ref. Nos: 14/14/44/59 (a multitude of local manufacturers exist, in addition to these renowned international manufacturers).

Typical Specification and Budget Prices may be seen :-

1. Level Regulator

(i) Supplier Ref: 44 - Standard unit Level Regulator, suitable for S.G. 0.95 to 1.10/up to 50°C/380 volt 10A or 250 volt 5A. Shock proof Mercury Switch cased in polypropylene.

Budget Price US \$ 55 (20 m lead)

(ii) Supplier Ref. 14 - Similar to above, maximum working temp to 60°C, breaking capacity 10A @ 250 v.

Budget Price US \$ 43 (20 m lead)

(iii) Supplier Ref. 14 - Ultra heavy duty - switch encased in aluminium inner shell and totally vulcanized in rubber. 10A 250 v.

Budget Price US \$ 65 (20 m lead)

(iv) Supplier Ref. 44 - Light duty/clean water operation only, micro switch (single pole, double throw) polypropylene encased. May be employed to obtain switching with levels approximately 1.5 m level differential. Possibly only employable following efficient sedimentation.

Budget Price US \$ 21 (5 m cable)

2. Level Control Units

Typical units available :-

(i) Supplier Ref. 44 - Weatherproof plastic case includes

transformer to supply 24 v D.C. for level regulator to switch up to 440 v @ 3 amps.

Budget Price US \$ 31

3 More Sophisticated Units

A wide range of systems are available employing sensors and electrodes. Some units can be obtained at relatively low cost, one such system with no moving parts and said to be suitable for use in sewage, employs continuous monitoring of the electrical resistance between an electrode and a return earth (another electrode or earthed installation itself). Such system may be applicable to effluent not liable to encrust the electrodes.

	<u>Budget Prices:</u>
(i) <u>Supplier Ref. 51</u> -	
<u>Basic controller, single trip</u>	US \$ 85
<u>or</u> With increased trips to	180
+ <u>Housing basic</u>	22
<u>or</u> With up to 4 lights	69
+ <u>Electrodes waterproof</u>	75
<u>or</u> Up to maximum length 4.5 m	235

(i.e. Total unit cost varies from US \$ 182 - US \$ 484 according to specification).

More sophisticated units are available, but their employment in developing countries may not be recommended as the necessarily high level of servicing may not be on hand.

J pH CONTROLLER

Potential Suppliers: Ref. Nos: 37/55/73/84/91

pH controllers are essentially employed to activate dosing pumps or solenoid valves, adding acid or alkali as necessary. Conditions of good coagulation and flocculation vary from plant to plant and according to the reagents employed. It may be found in practice (trial and error) that good sedimentation is yielded between pH 8 and pH 9.5 (for example), outside this zone additions of alkali or acid may be necessitated.

The range of suitable industrial pH controllers on world markets is fairly limited and standard. The total complete unit consists of a robust dip electrode (usually offered in .45, .90 or 1.8 m length) connected by coaxial cable to the pH controller. Such controller is housed in a weathertight container and contains provision to adjust 1 or 2 high-low points, at which pumps or valves will be activated or deactivated. In most cases the switching of low power-driven devices is direct, if heavy switching is required, a relay may need to be employed. On some units the high and low settings may be shown on digital readouts - on others such setting is only adjustable via uncalibrated knurled knobs.

The standardisation of the unit is similar to laboratory pH meters employing standard buffer solutions. Temperature adjustment may be manual or by automatic sensor.

Specifications and Budget Prices :-

	-	<u>Budget Prices</u>
(i) <u>Supplier Ref. No. 91</u>		
pH controller - 2 set points over full range pH 0 - 14. Relay contacts 6 amps at 220 v		US \$ 376
+ Combination Electrode		<u>60</u>
+ Electrode Sleeve 800 mm with KCl reservoir		<u>63</u>
Total		US \$ 499
<hr/>		
(ii) <u>Supplier Ref. No. 84.</u> As above, outputs 5 amp at 240 v auto temp. control available, internal "self test" facility for calibration etc.		US \$ 458
Electrode unit complete with visible KCl reservoir		US \$ 114
Total		US \$ 572
<hr/>		
(iii) <u>Supplier Ref. No. 37</u> - Complete unit not specified		US \$ 2,380*
<hr/>		
(iv) <u>Supplier Ref. No. 55</u> - Complete unit not specified		US \$ 2,700*

* Domestic prices - Export price may be considerably reduced.

- - - - -

K FLOW METERS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 13/19/21/29/35/59/68/
82/91/97/102

The need for effluent flow meters is questionable in small operations - it may be sufficient to meter the incoming clean water to the tannery as a fair guide to effluent volume. For larger treatment plants which may have prescribed discharge rates by local authorities or need to control the flow:reagent additions closely, metering may be considered desirable.

The cheap (varying from US \$ 150 - 50 mm pipe - US \$ 250 - 100 mm pipe) simplistic "in-line" physical flow recorders - impeller or piston operated, are seldom suitable for effluent treatment control, as such units are not normally designed for liquids with suspended solids.

Modern technology has produced a number of systems employing non or semi-intrusive devices employing ultrasonic, doppler or magnetic signals to measure depth of liquor - flow rate. Usually some degree of standardisation of condition i.e. need long run of straight pipe, or weir or flume of known characteristics in pre-determined channel. Others may be calibrated on site and the more recent models include programmed microprocessors which may rapidly calculate flow parameters. Some units e.g. Sonic type open channel sensors will not function well in the presence of high foam. With the large number of unit types available a brief review only of typical types and budget prices is given, in order of increasing cost, of basic unit, below :-

- (i) Supplier No. 91 - suitable for flow on calibrated weirs or open Venturimetric canals - air blowing system with mini compressor. Flow ranges 0 - 50/0 - 100/0 - 200 m³/hr, with total flow

Budget Price

US \$ 722

- (ii) Supplier Ref. No. 21 - Semi-intrusive sensor (with impeller) for insertion into pipe - calibratable digital display unit (only requires pipe size entering). Flow and total display

in CFM or m³/hr. Wide range.

Budget Price US \$ 986

(iii) Supplier Ref. No. 102 - Non-intrusive ultrasonic flow sensor connected to a display unit incorporating microcomputer allowing employment : - open channels (flumes and weirs) rivers. Up to 16,000 measurements able to be stored in R.A.M. Can display current rate/day/month average totals etc. or connect to printer. With only six basic data inputs may be calibrated to any channel flow employing inbuilt programme.

<u>Budget Price</u>	Standard Unit	<u>US \$ 1,676</u>
	Optional Chart Recorders	<u>490</u>
	(Portable Model)	<u>(2,338)</u>

(iv) Supplier Ref. No. 19 - Clamp on pipe type flowmeter employing Doppler Transmitter/Receiver. Suitable for pipes above 18 mm O.D. (wall thickness up to 25 mm). Flow display - totals etc. and alarms.

Budget Price US \$ 2,819

- - - - -

L AGITATORS

Within tannery effluent treatment operation mixing may be required at several stages :

- (i) During homogenization/equalization - this is now more normally achieved employing air diffusers or surface aerators;
- (ii) During addition of neutralizing, flocculating and/or coagulating agents. When polyelectrolytes are employed it may be preferable to employ low speed mixer/flocculators (see next section). Where acid/alkali additions are made, usually into mixing vats, it is possible to employ cheaper high speed mixers. High speed agitators with impeller directly fixed to motor shaft are relatively cheap, whereas slow speed and variable speed units, requiring gearing, are both larger and more expensive.

The sizing and balancing of mixer/vat size is complex and the formulas necessitate factors relating to characteristics of the impeller, e.g. number/shape/pitch. To overcome this, most manufacturers issue their own performance charts. A typical relationship may be seen :-

<u>Volume to be Mixed</u> <u>m³</u>	<u>HP of Agitator Required</u>		<u>Blade Diameter</u>
	<u>Gentle Agitation</u>	<u>Rapid Agitation</u>	<u>mm.</u>
0.2 - 0.4	0.05 HP	0.33 HP	100
0.4 - 0.7	0.15 HP	0.50 HP	100
0.7 - 1.5	0.25 HP	0.75 HP	100
1.5 - 2.2	0.33 HP	1.00 HP	100
2.2 - 3.7	0.50 HP	1.50 HP	150
3.7 - 5.6	0.75 HP	2.00 HP	150

Typical Budget Prices from an European specialist producer
(Supplier Ref. No. 48)*

<u>HP</u>	<u>High Speed Propeller</u>			<u>Reduced Drive Speed</u>		
	<u>RPM</u>	<u>Prop. Diam.</u>	<u>US \$</u>	<u>RPM</u>	<u>Prop. Diam.</u>	<u>US \$</u>
0.25	1500	100 mm	397	462	150 mm	699
0.50	1500	100 mm	430	462	200 mm	756
1.00	1500	125 mm	566	462	250 mm	982
2.00	1500	150 mm	601	462	300 mm	1,231
5.00	1500	200 mm	800	462	450 mm	1,869

*

Fixed mounted heavy duty couplings, shafts and propeller in stainless steel. Motors TEFC Weatherproof.

<u>Typical South American Producers' Budget Price</u>						
<u>HP</u>	<u>RPM</u>	<u>Supplier Ref. No. 55</u>			<u>Supplier Ref 37</u>	
		<u>Prop. Diam.</u>	<u>US \$</u>		<u>RPM</u>	<u>US \$</u>
0.3	1100/1200	100 mm	250	Portable	300	1,256
1.0	1100/1200	175 mm	400	Portable	300	1,327
5.0	1100/1200	250 mm	1,950	Fixed	-	-

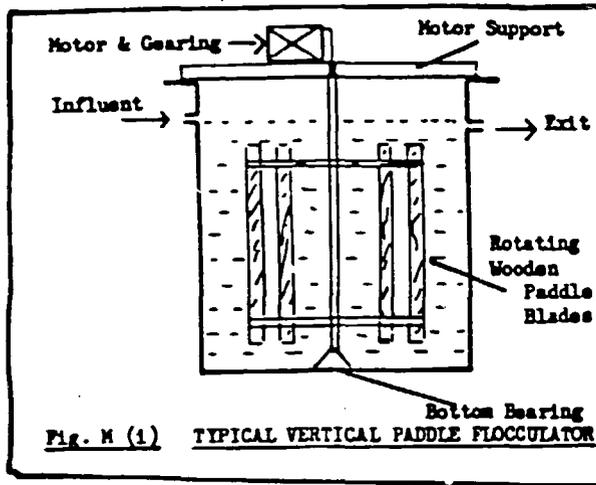
Note: 1 To avoid vortexing (mass swirling) it is necessary to mount agitators off centre and/or at an angle with the vertical. (Unless baffles are fitted to mixing vessel).

Note: 2 The number of producers of agitators is too large to attempt listing potential suppliers.

M FLOCCULATORS

The simplest flocculators consist of slow rotating vertical wooden paddles as Fig. M (1).

Two or four arms may be employed with from 2 - 4 paddles per arm. The sizing of flocculators is difficult and it is normal to rely on manufacturers' specification. The Table below shows a specific manufacturer's suggestions for paddle sizes. 20 -



30 mins is normal time for flocculating, therefore the tank size will have a volume equal of 1/3 or 1/2 of hourly flow rate.

<u>Utilizable Tank Volume</u> m ³	<u>Total Tank Size</u>		<u>Paddle</u>		<u>HP</u>	<u>Arms</u> No.	<u>Paddle</u> No. per arm	<u>Paddle</u> RPM
	<u>Width</u> m	<u>Depth</u> m	<u>Height</u>	<u>Dia. m</u>				
6	2	1.9	1.05	1.6	0.75	2	2	4 - 8
12	2.5	2.4	1.55	2.0	0.75	2	2	3 - 6
20	2.5	3.9	3.05	2.0	0.75	2	2	3 - 6
16 - 25		3.9	3.20	2.0	0.75	4	2	2.5 - 5
30 - 50		3.9	3.20	2.8	1.50	4	3	2 - 4
50 - 80		3.9	3.20	3.6	2.00	4	4	1.8 - 3.5

Due to the wide variation in price due to materials of construction/methods of speed reduction etc. there is little purpose in listing Budget Prices. It may however be noted that employing the above data such slow moving flocculators may in many cases be assembled locally, with the majority of cost being attributable to the motor and reduction assembly.

N SEDIMENTATORS

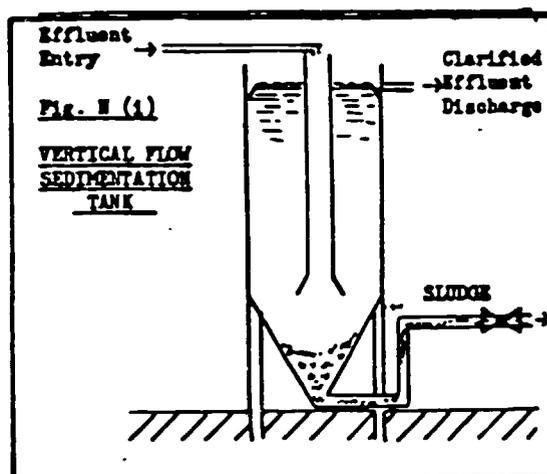
The basic sedimentator is employed :

- (1) To separate flocculated suspended solids during primary treatment;

- (ii) To separate activated sludge, and allow its recycling, during secondary biological treatment;
- (iii) To thicken, i.e. remove further quantities of water from sludges formed at (i) and (ii) above.

The dimensioning of sedimentation units is usually calculated on the upward flow rate within the sedimentation unit. This may vary from 1.0 to 1.5 m³/m²/hr for primary sedimentation following physico-chemical treatment, down to only 0.5 m³/m²/hr for some secondary sedimentation.

For small operations requiring vessels of up to 3 or 4 m diameter, the simple vertical flow sedimentation tank at Fig. N (1) may suffice. Such units may be locally produced - circular in 6 mm plate (Fibreglass skinned internally or epoxy resin coated) or in reinforced

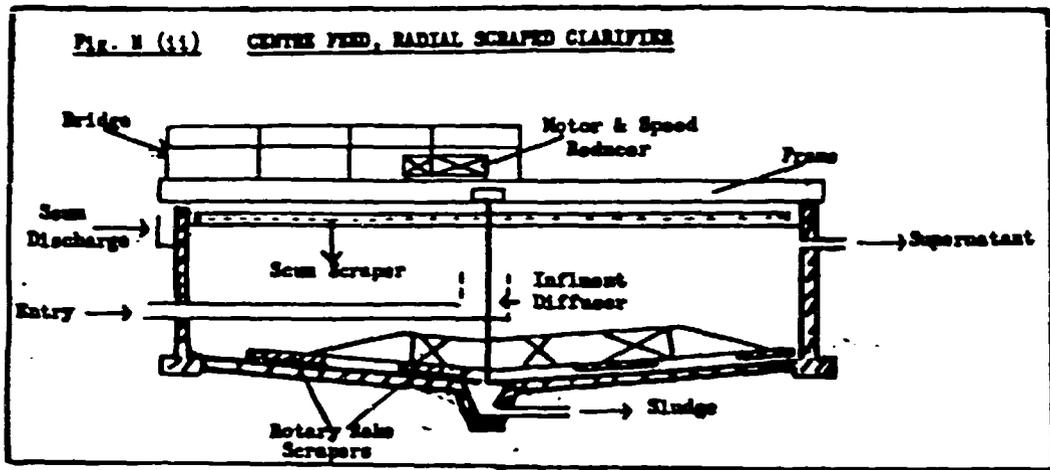


fibreglass, concrete or wood, dependant on local technology.

Typical Budget Prices for 6 mm steel plate units have been :-

<u>Cylinder Size</u>		<u>Surface Area</u>	<u>Flow Rate</u>	<u>Cost US \$</u>
<u>Diam.</u>	<u>Height</u>	<u>m²</u>	<u>m³/hr</u>	
1 m	3 m	0.8	0.5 - 1.5	1,500
2 m	3 m	3.1	1.5 - 4.5	3,000
4 m	3 m	12.6	6.0 - 19.0	5,000

For larger operations commercial models are available with rotating rakes with half or full bridges for access. Scum removers are also available, (see Fig. N (ii)). Central entry is common practice but some designers prefer the peripheral feed (Fig. N (iii)) as this limits the dispersion of scum and may be more stable with respect to high peak and fluctuating loads. It must be stressed that the large units are very expensive to transport, and it may be preferable to import in semi-fabricated form or produce locally under licence from experienced producers.



Some recent Budget

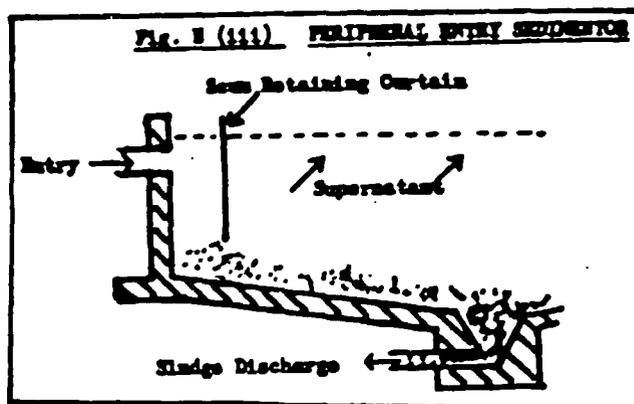
Prices of Circular Sedimentators - Clarifiers :-

CLARIFIERS		(Cost in US \$ Ex Works)	
Diameter	Radial Bridge ⁽¹⁾ Supplier Ref. 23	Single Arm ⁽¹⁾ Supplier Ref. 40	Full Bridge ⁽²⁾ Supplier Ref. 23
6 m	5,700	4,723	8,000
10 m	6,700	5,700	9,500
20 m	12,050	10,800	18,350

(1) Peripheral drive, including scraper and skimmer

(2) Full bridge peripheral drive, including scraper and skimmer.

Clarifiers are also available in rectangular form, with "to and from" type scrapers.



0 OXIDATION DITCH ROTORS

1 CONVENTIONAL DITCH ROTORS - BRUSH/CAGE/TNO etc.

Oxidation rotors are available in several styles, sizes, speeds and diameter of rotor with consequential variation in oxygenating capacity. Such oxygen transfer is further varied by the depth of immersion. Some manufacturers' oxygen transfer rates may only be applicable at high levels of B.O.D. when oxygen demand and efficiency is high. Some typical manufacturers report :-

<u>0.7 m diameter rotor</u>			
<u>Rotor Immersion</u> <u>m</u>	<u>Oxygen transfer</u> <u>Kg per hour per</u> <u>m length</u>	<u>Power Consumption</u> <u>Kw/m</u>	<u>Oxygen Capacity</u> <u>per unit power</u> <u>Kg/KwHr</u>
0.05	2.00	0.8	2.5
0.15	4.00	1.8	2.2
0.25	7.00	3.4	2.1

1.07 m diameter rotor

<u>Immersion</u>	<u>RPM</u>	<u>Oxygen Transfer per hour</u> <u>per m length</u>
.125	54	1.7
.380	72	10.0

Given the wide range of reported outputs and efficiencies it may be more realistic to take account of manufacturers' sizing. One manufacturer recommends for domestic effluents :-

<u>Load Kg</u> <u>BOD/day</u>	<u>Rotor</u> <u>Length m Diameter</u>		<u>Ditch</u> <u>Volume m³ Length m Depth</u>			<u>Installed</u> <u>HP</u>
27.5	1.0	0.70	131	32	1.0 m	3.0
35.0	2.0	0.70	262	37	1.2 m	5.5
130.0	4.5	0.70	650	44	1.4 m	10.0
275.0	4.5	1.00	1310	54	2.25m	20.0
550.0	6.0	1.00	2620	61	3.0 m	40.0

(Interim loadings available)

Such data may need modification to suit the concentration of pollutants/volume of ditch more suitable to tannery operation where two days retention in oxidation ditches seems satisfactory. In many circumstances two or more rotors will be necessitated. The

rotor in addition to supplying oxygen. requirement must also supply the necessary hydraulic flow and most reputable manufacturers will supply ditch parameters to match given effluent characteristics.

Typical Budget Prices :-

<u>(i) Supplier Ref. No. 55</u>	<u>US \$ Cost</u>
0.9 m length x 0.7 m diameter Rotor - 3 HP	4,900
2.1 m length x 0.7 m diameter Rotor - 7.5 HP	6,500
2 x 3.6 m length x 0.7 m diameter Rotor - 25 HP	10,800

(ii) In response to a specific query regarding tannery effluent one Supplier Ref. 103 quoted Budget Prices:-

<u>Kg BOD₅/day</u>	<u>Rotor</u>	<u>Diameter m</u>	<u>Installed HP</u>	<u>Cost US \$</u>
50	1 x 2 m	0.7*	4	6,338
300	1 x 4.5 m	1.0**	22	19,155
1,000	2 x 7.5 m	1.0**	37	47,042

* Including drive - bridge - splashguard

** Mammoth rotors with rows of blades, non-horizontal, to avoid pulsating flow. Price excluding bridge and walkway.

Note: Rotors normally available from 0.75 or 1 m to 4 or 8 metres long in steps of 0.5 m.

Potential Suppliers: Ref. Nos: 55/62/63/103

0 2 BIO DRUM

A recent entrant to the market has been the Bio Drum a ".... rotating biological filter, where instead of plates the filter consists of a lot of plastic balls held together in the shape of a drum by a sturdy metal net. This new construction gives the advantage that the drums can float due to the very low specific gravity of the balls.

As at the same time small containers are built into the periphery of the drums and these containers lift water out of the water body and pour it over the balls in the upper section, this actually makes the drums a combination of rotating filters and trickling filters.

As the same containers also trap air which is taken down in the water and bubbling up between the balls overgrown with biofilm the lower part of the drum is also a sort of submerged filter with air bubbling through direct along the surface of the biofilm.

As the drums are freely floating on the water to be treated, they can be mounted in any tank with a minimum of construction work, and they are therefore very well fitted for upgrading existing tanks simply mounting the drums at the edge of the tank by means of a pivot." (Manufacturers description).

Whether such units may operate at maximum efficiency in tannery employment is unknown to the consultant. Such drums are available in sizes from 0.625 x 0.4 m up to 2.5 x 2.5 m.

Manufacturers specification based on population equivalents is given below (B.O.D.₅ load assumed by the consultant) :-

Supplier Ref. No. 38

<u>Population Equivalent</u>	<u>BOD₅ Kg/day</u>	<u>Bio Drum Size m</u>	<u>HP Installed</u>	<u>Cost US \$</u>
200 - 500	11 - 27	1.5 x 1.5	1	9,073
400 - 1,000	22 - 55	2.0 x 2.0	2	12,600
700 - 1,500	38 - 82	2.5 x 2.5	3	16,129

- - - - -

P BIO FILTER DISTRIBUTORS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 15/16/22/27/37/40/67/103

The simplest systems are those which utilize the pressure of the pumped effluent to rotate the distributor arm. (Somewhat similar to rotary lawn sprayers). More sophisticated units may employ a motor to ensure regular rotation. Wide variations exist in materials of construction and it is difficult to compare prices.

Some typical Budget Prices: -

(i) Supplier Ref. No. 15 :-

2 metre diameter	US \$ 560)	Monojet, central self
5 " "	US \$ 915)	dosing distributor.
9 " "	US \$ 1,408)	Supported on transverse bearers.

(ii) Supplier Ref. No. 40

4 metre diameter US \$ 1,805) Heavy duty centrally
 10 ' " " 3,008) mounted, multi-
) diffuser arms.

(iii) Supplier Ref. No. 37

4 metre diameter US \$ 580

Q BIOLOGICAL (TRICKLING) FILTER - PACKING MATERIALS

The major characteristics of packing material for biological filters are : (i) Large surface area availability;
 (ii) Sufficient voids to allow adequate air flow to ensure aerobic conditions.

Filters are available, or may be constructed to operate in several fashions :-

	Low Rate Filter	High Rate Filter	Roughing Filter
Hydraulic Loading m ³ /m ² /day	2 - 4	10 - 30	>50
Organic Loading Kg BOD/m ³ /day	0.1 - 0.3	0.3 - 1.0	>1.0
Media	Rock, Slag	R & S & Plastic	Plastic

Typical material characteristics :-

	Diameter	Kg per m ³	Specific Surface Area m ² /m ³	Voids
River Pebbles	25 - 60	Circa 1,300	Circa 60	50%
River Rocks	80 - 120	" 900	" 45	50%
Furnace Slag	50 - 100	" 900	" 60	50%
Plastic	-	30 - 100	" 90	95%

Rocks and slag are usually available at nominal cost locally but it may prove economic to investigate the employment of plastic packing. As well as reportedly offering higher rates of loading, plastic media, due to its light weight may require a simpler, smaller, lower cost filter construction, with only a light structure to support the media. Additionally, plastic materials with their

high voids readily allow air circulation. Plastic Media is available in modular form or as a random media structure. The random structure would appear suitable. Such random media is available, usually under registered or patented design, as cylinders composed of ridged rings, typically 3 - 10 cm long with similar diameters. Alternately, materials are available composed of triangular serrated fins radiating from a central tube. Typically such materials are constructed of PVC.

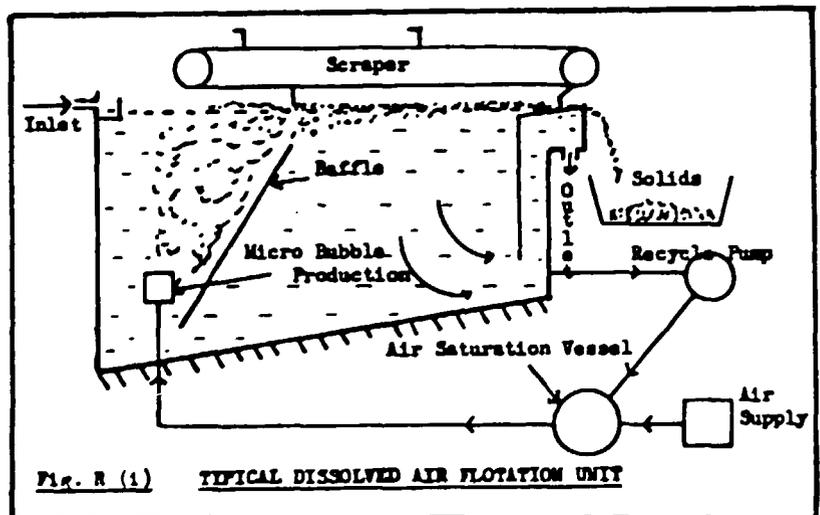
Budget Prices :

- (i) Supplier Ref. No. 96 - "Flocor R" - US \$ 80 - 95 m³
 - (ii) Supplier Ref. No. 56 - "Biofill" - US \$ 85 m³
- (Prices above for 20 m³ - higher volume discounts available).

NOTE: Freight costs of this bulky material may exceed actual material cost.

R FLOTATION UNITS

Flotation units are an alternative to physico-chemical sedimentation systems. The process involves floating suspended solids to a vessel's surface from where they may be scraped off of the liquor and collected. An outline of the basic system may be seen at Fig. R (i). The operation is based on the change in solubility of gas in liquids as pressure changes. Air is



dissolved in the waste stream under pressure in a saturation vessel - which is then passed to the non-pressurized reactor vessel where micro air bubbles form, rise to the surface carrying with them the suspended

solids forming a scum which is mechanically scraped. A discharge point at the base may also be necessary for the collection of ultra heavy particles. A variety of patented atomizers are employed to ensure fine dispersion of the bubbles. Patent screens and separators may also be employed for the baffle plate. In addition to the above dissolved air flotation (DAF) other flotation methods are available e.g. electrolytic flotation, but this seems not to have gained acceptance in treating tannery effluent, due to the high cost of transformer/rectifier.

The advantage of flotation is said to be that retention time in the unit is only some 45 minutes, versus up to 3 hours in a conventional sedimentation system. It is also reported that the solids content of the scraped sludge is of the order of 8 - 10% as opposed to the 3 - 4% obtained by sedimentation.

It must also be noted that even with flotation it is often necessary to neutralize or otherwise dose the influent.

Flotation equipment is usually sold as a complete unit.

Potential Suppliers: Ref. Nos: 7/16/22/34/35/36/60/77/93

Typical Budget Price :

(i) Supplier Ref. No. 7

Complete Unit	- 4 m ³ /hr	US \$ 12,300
" "	90 m ³ /hr	US \$ 105,000

(ii) Supplier Ref. No. 93 - A tannery developed a system for its own effluent treatment plant, found it successful and is now offering to supply such complete "Silflo" units:

<u>Budget Price:</u>	30 m ³ /hr	US \$ 90,000
	60 m ³ /hr	US \$ 125,000

This plant is complete with the necessary dosing facilities and is said to remove > 99% of S.Solids, chrome and grease and some 90 - 95% reduction of C.O.D. and B.O.D.

Cost of treatment employing the Silflo units was reported⁽¹⁾

(1) ROET. S. "The Development of a Modified Flotation System for the Treatment of Tannery Wastes". ALCA Convention. June 1983. Hershey USA.

for a tannery of 125,000 m³/year (500 m³/day):-

Capital (Amortized 15 yrs) + Interest (10%)	6.4 c m ³
Dosing (Ferrichloride + Polymer)	9.1 c m ³
Power (Silflo only) (15 Kw x 13.5 hrs daily)	1.7 c m ³
Labour	7.3 c m ³
Maintenance (2% of Capital)	0.13 c m ³
Sludge Disposal (Landfill)	2.50 c m ³
Total Capital and Running Costs	27.13 US Cents m³

S FILTER PRESS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 16/27/31/54/60/65/78/86/88

1. Sizing

Exact volumes of sludge and subsequent cake are difficult to calculate prior to operation. For an outline guide to allow sizing of Filter Presses, the following may suffice:

- a) From Suspended Solids - i.e. 300 m³ effluent/day at, say, 3,000 mg/l S.S. would yield some 900 Kg day dry solids (D.S.)
- b) From B.O.D. - subsequently precipitated and settled and from coagulants and flocculant added another 20% or so on the above may be produced.
- c) Total may be 1,080 Kg - say 1.1 mt. D.S.

At 4% solids content (i.e. after primary sedimentation) this could occupy some 27.5 m³. Following a filter press operation a dry solids content of 30 - 35% could be obtained. Assume, say, 32% D.S. and a cake of some 3.44 m³ could be expected daily.

The output of filter presses is governed by plate size, number of plates and thickness of cake. The nominal output is easily calculated i.e. with a plate size of 1.0 m x 1.0 m, with cake thickness of 25 cms, 40 such plates = 1 m³ of cake per cycle. In practice the volume of

cake is less than this due to the system of water recovery not allowing 100% complete cake volume. A press cycle occupies some 3 - 5 hours, therefore two cycles may be produced within a normal working day, with the possibility of up to five cycles per day if operated over 24 hours.

Filter Presses are available in a wide range of sizes :-

Typical Filter Press basic specification :-

<u>Plate Size mm.</u>	<u>No. of Plates</u>	<u>Cake Thickness mm.</u>	<u>Volume of Cake per cycle m³</u>
500 x 500	10 - 50	23 - 25	0.035 - 0.17
630 x 630	20 - 80	23 - 25	0.12 - 0.48
800 x 800	40 - 100	28 - 30	0.55 - 1.40
1000 x 1000	60 - 120	33 - 35	1.38 - 2.76
1200 x 1200	40 - 120	33 - 35	1.5 - 4.5
1450 x 1450	40 - 120	38 - 40	2.4 - 7.2

Filter Presses are available with manual operation of the pressure control and manual unloading of the cake - quite satisfactory with small units - or with all operations automatic.

2. Typical Budget Prices were sought from manufacturers capable of handling cake of (i) 0.2 m³/day employing 2 - 4 cycle/day
 (ii) 1.2 m³/day
 (iii) 4.0 m³/day

The responses are given below in alphabetical order :-

(a) Supplier Ref. No. 31

- (i) 0.5 m x 0.5 m plates - 11 off 30 mm cake
 manual ● US \$ 7,900
- (ii) 0.63 m x 0.63 m plates - 37 off 30 mm cake
 semi-automatic ● US \$ 15,200
- (iii) 1.0 m x 1.0 m plates - 46 off 32 mm.
 Fully automatic ● US \$ 43,600

(b) Supplier Ref. No. 54

- (i) 0.63 m x 0.63 m plates - 16 off manual ● US \$ 8,028
- (ii) 1.0 m x 1.0 m plates - 34 off - auto. ● US \$ 27,323

(c) Supplier Ref. 78

- (i) 0.5 x 0.5 m plates - 20 off - 32 mm cake
manual @ US \$ 8,424
- (ii) 0.63 x 0.63 m plates - 70 off - 32 mm cake
manual . . . US \$ 27,700 Auto @ US \$ 36,000
- (iii) 1.0 x 1.0 m plates - 90 off - 32 mm cake
Auto @ US \$ 88,000

(d) Supplier Ref. 65

- (i) 0.6 x 0.6 m plates - 16 off - 25 mm cake
manual @ US \$ 11,606
- (ii) 1.0 x 1.0 m plates - 24 off - 25 mm cake
semi-automatic @ US \$ 29,000
- (iii) 1.0 x 1.0 m plates - 57 off - 25 mm cake
semi-automatic @ US \$ 42,580

Items ii and iii above full automatic operation

available at circa US \$ 12,000 EXTRA

(e) Supplier Ref. 86

- (i) 0.5 x 0.5 m plates - 20 off - 20 mm cake
manual @ US \$ 11,718
- (ii) 0.8 x 0.8 m plates - 40 off - 20 mm cake
semi-automatic @ US \$ 25,307
- (iii) 1.0 x 1.0 m plates - 90 off - 20 mm cake
Auto @ US \$ 92,895

(f) Supplier Ref. 88

- (i) 0.63 x 0.63 m plates - 15 off - 20 mm cake
manual @ US \$ 13,011
- (ii) 0.80 x 0.80 m plates - 60 off - 20 mm cake
manual @ US \$ 37,000
- (iii) 1.2 x 1.2 m plates - 95 off - 20 mm cake
Fully automatic @ US \$ 96,600

- NOTE:
- (1) The output of the above presses may be obtained from the table given earlier - extrapolating where necessary according to the number of plates.
 - (2) The above prices include the necessary high pressure pumps which account for almost 40% of the cost of the smaller units, declining to some 20% for the large units.
 - (3) All references to sizing of filter presses assumes the necessary preconditioning with lime and/or ferric salts has been carried out.

T BELT PRESSES

Potential Suppliers: Ref. Nos: 5/16/27/36/43/52/61/
76/94/95/103

1. High Dewatering Capacity

The recent emergence of Belt Presses has widened the choice of sludge dewatering equipment. Belt presses, usually operating on endless sieve bands of synthetic fibre mesh running over a series of rollers which convey, dewater and press the sludge, have low capital and running costs given their outputs. However, even the smallest unit commercially available at this time, 0.4 m belt width, has a nominal capacity of 3 - 7 m³/hr, i.e. 72 - 168 m³/day sludge, and as such is suitable for a tannery with a total effluent 500 m³/day.

Belt presses require preconditioning and flocculation of the sludges and most units have inbuilt dosing and mixing vats. It is normal for Belt Presses to yield a final sludge of some 28 - 35% D.S.

Typical capacities of Belt Presses are reported :-

<u>Band Width mm</u>	<u>Nominal Sludge Capacity Input m³/hour</u>
400	3 - 7
1,000	8 - 18
1,500	12 - 27
2,000	18 - 36

(a) Typical Budget Prices

(i) Supplier Ref. No. 94

Belt Width	0.4 m	US \$ 39,190	Capacity as above
Belt width	1.0 m	US \$ 43,888	" " "
Belt width	1.5 m	US \$ 49,950	" " "
Belt width	2.0 m	US \$ 57,162	" " "

(ii) Suppliers Ref. Nos. 43/95

Belt Width	1.0 m	US \$ 63,000	Sludge Capacity 3 - 15 m ³ /hour.
------------	-------	--------------	---

(iii) Supplier Ref. No. 61.

Belt Width	0.5 m	US \$ 80,000	300 - 450 Kg Solids/hour Loading rate
------------	-------	--------------	--

(iv) Supplier No. 76

Belt Width	0.5 m	US \$ 31,740
Belt width	1.2 m	US \$ <u>44,925</u>

Price includes pump, flocculators and washing devices.

S 2 Lower Dewatering Capacity

An interesting new entry to the field of dewatering devices is a new high capacity belt dewatering unit which, while not over sophisticated, is very much cheaper than the above units. It is said to be able to handle from 2 - 10 m³/hour slurry input yielding a easily handled final sludge, of some 12 - 18% D.S.

Budget Price	US \$ 11,831	Basic
	US \$ 14,085	Including flocculator

- - - - -

U CENTRIFUGES

The dewatering principles of centrifuges are well known. The application of centrifuges to dewatering of tannery sludges has recently expanded and centrifuges are now operating at tannery effluent treatment plants in France, Germany (F.R.) and Japan. Major advantages of centrifuge type decanters are the ease, regularity, and cleanliness of operation. However, whether such fast running plant, up to 3,500 RPM, imposing high demands on its bearings, would be suitable in many developing countries where servicing facilities are poor, may be questioned. However, the employment of such equipment in large tanneries located in Newly Industrialized countries could be envisaged.

Outline specification and budget prices (Suppliers No. 43/95)
Centrifugal Sludge Decanters :-

	<u>Small Unit</u>	<u>Medium Unit</u>
Inner Diameter mm	340	530
Maximum Speed RPM	3,500	2,250
Throughput m ³ /hr *	8 - 15	20 - 40
Cake Dryness % D.S. *	10 - 35%	10 - 35%
Budget Price US \$	31,690	62,000

* Dependent on type of sludge (Primary/Secondary).

V CHROME RECYCLING UNITS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 30/57

A number of suppliers offer package plants for chrome recovery and reuse. The systems are not directly comparable as systems employed may vary in efficiency and ease of control.

Typical offering is (Supplier Ref. No. 30) :-

Screening of used chrome - storage - precipitation - vacuum filtration (float to reuse for pickle) - redissolving - All with full automatic control.

Standard Units available 7/10/15/20/30/40/50 m³ chrome float/day.

Typical Budget Price for Package Type units

7 m ³ /day chrome float	US \$ 95,000
20 m ³ /day " "	US \$ 148,500
50 m ³ /day " "	US \$ 284,000

(Self evidently the amount of chrome available for recovery is dependent on the degree of fixation obtained during tanning).

W LIME RECYCLING UNITS

Potential Suppliers: Ref. Nos: 30/57

The range of techniques available for recycling of lime is large although most package plants offered employ vacuum filtration or UF/RO systems. A typical offering (Supplier Ref. 30) employs vacuum filtration to retain the suspended solids and much of the organic load present in the used lime liquor with the filter. The clarified liquor is subsequently mended with lime and sulphide etc. and recycled for use with savings approaching 50% of chemicals employed.

Typical Budget Prices for such complete plant are:-

25 m ³ / day	Lime Float	US \$ 100,000
35 m ³ / day	" "	US \$ 119,555
75 m ³ / day	" "	US \$ 210,110

(Alternate capacities available)

SECTION III A

PRODUCT - SUPPLIER INDEX

SUPPLIER	Ref No	Screening	Pumps - Effluent	Pumps - Sludge	Pumps - Dosing	Submerged Aerators	Aerators	Air Bubble Devices	Blowers/Compressors	Level Controls	pH Controllers	Flow Meters/Record	Alkalinity	Flocculators	Sedimentation Units	Flotation Units	Aeration Basins	Distributors	Packing Media	Filter Media	Belt Press	Centrifuges	Carbon Recycle	Lime Recycle	OTHER			
A.B.S.	1		x	x		x																						
ACATOR	2																											
ALLENKILER	3			x																								
AMES COSTA	4																											
ANDRITZ	5																											
AQUA-AEROBIC	6																											
AQUAPURE	7																											
BARBARA	8																											
BAUER	9	x																										
BELLIN	10																											
BIRD	11																											
BRAN & LUBBE	12																											
BROOKS	13																											
CLAESSENS	14																											
CLEARMATER	15																											
CLOW	16																											
COMETE	17	x																										
COMPAIR	18																											
CONTROLTRON	19																											
COS.ME	20	x																										
DATA INDUST.	21																											
DAVENPORT	22																											
DE CARDENAS	23	x																										
DEL MONTE	24																											
DIDIER	25																											
DOMIDE	26																											
DORR-OLIVER	27	x	x	x																								
DOULTON	28																											
DREXELBROOK	29																											
ECOBAR	30																											
EDWARDS & JONES	31																											
EGGENS	32																											
EMU	33																											
ENV. ENG.	34	x																										
ENVIROTECH	35																											
ESMOL	36																											
E.I.A.	37																											
EUROMATIC	38																											
FELUWA	39																											
FENWICK	40	x																										
FERRI	41																											
FINK	42																											
FLOTTWEG	43																											
FLYOT	44																											
FRING	45																											
GALLABATESI	46																											
GERENCIA	47																											
GREAVES	48																											
GREC	49																											
GREEN BAY	50	x																										
GUINARD PUMPS	51																											
HARLEYFORD	52																											
HAWKER SIDDELY	53	x																										

Biodrum

U.F./R.O

Biodrum

SECTION III B - SUPPLIERS ADDRESSES

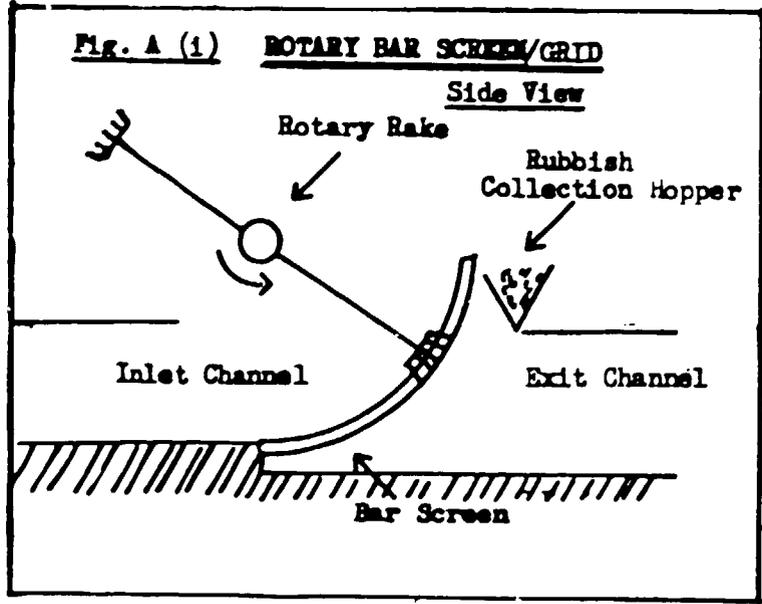
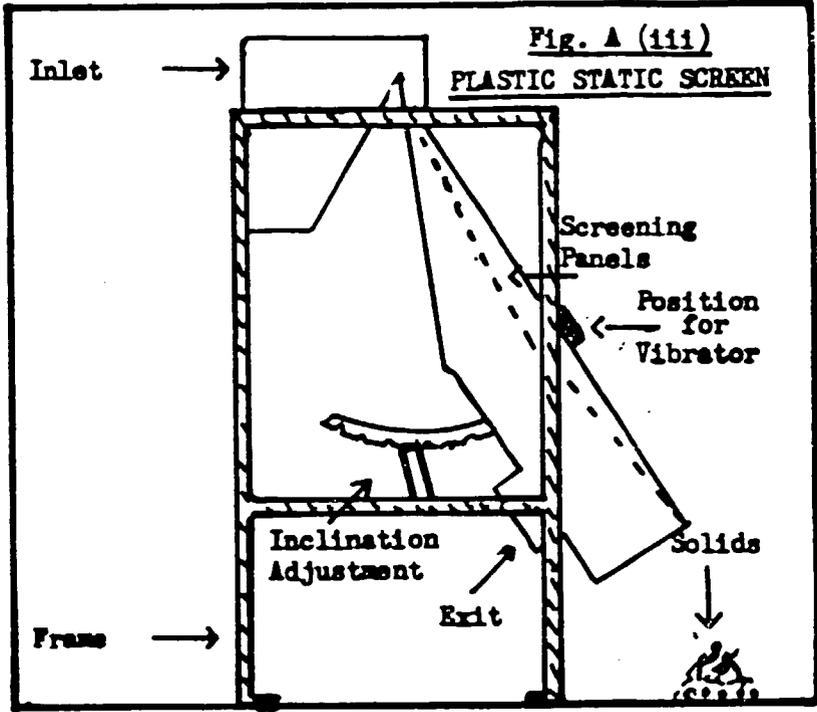
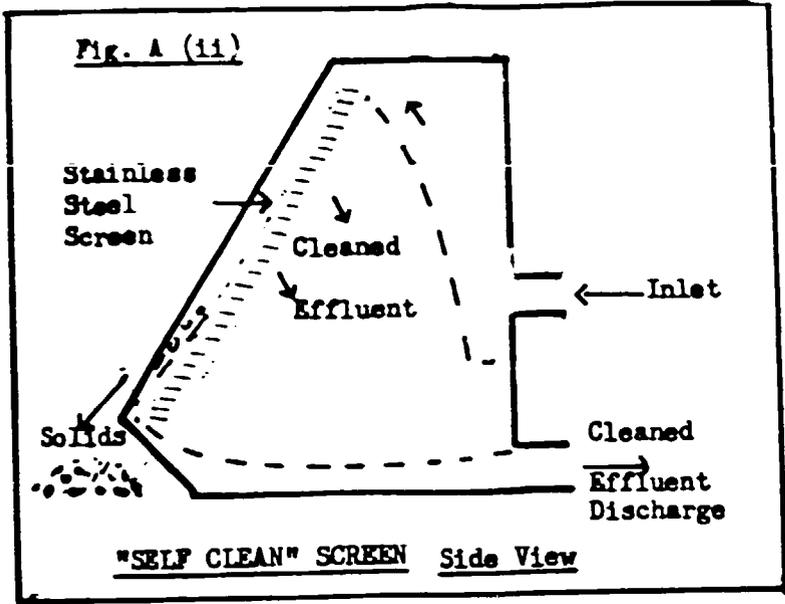
Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS
1	ABS PUMPS LIMITED Devereux Works/Station Rd/ Coleshill/BIRMINGHAM B46 1JT U.K.	14	CLAESSEN & CO. LTD. Ironbridge Road/West Drayton/ Middlesex UB7 6JA U.K.	27	DORR-OLIVER COMPANY LTD. Norfolk House/ Wellesley Road/ CROYDON CR9 2DS U.K.
2	ACALOR INTERNATIONAL LIMITED Flough Road/Smallfield/ HORLEY/Surrey RH6 9JW U.K.	15	CLEARWATER SYSTEMS LIMITED Riverway Estate, Portsmouth Road, GUILDFORD GU3 1LZ U.K.	28	DOULTON INDUSTRIAL PRODUCTS LIMITED/STONE/ Staffe ST15 0PU U.K.
3	ALDWIKER SEEBERG PUMPEN GMBH/ Kirchhellner Ring 77 - 79/ Postfach 1220/ D - 4272 KIRCHHELLNER W. GERMANY	16	CLOW CORPORATION W.T.D. P O Box 68/ 56 Industrial Road FLORENCE, KY 41042 U.S.A.	29	DEKLEBOOK ENGINEERING CO. 205 Keith Valley Road HORSHAM PA 19044 U.S.A.
4	AMES COSTA BABCOCK LTD. Haywood/Lancashire OL10 2HX U.K.	17	COMETE INDUSTRIAL S.A.S. Via Col Moschin 10 20136 MILAN ITALY	30	BOOMER a/o Wolfgang Matyk Trading Kiehruti 4/6330 Cham SWITZERLAND
5	ANDRITZ A - 8045 Gras-Andrits Reichstrasse 66 AUSTRIA	18	COMPAIR INDUSTRIAL LTD, P O Box 44/Beavell Works/ Ransleigh Road/IPSWICH IP2 0AN U.K.	31	EDWARDS & JONES LTD. Whittle Road/MEIR/ STONE-ON-TRENT ST3 7QP U.K.
6	AQUA-AEROBIC INTERNATIONAL 6306 N. Alpine Rd. P O Box 2026/ ROCKFORD IL 61130 U.S.A.	19	CONTROLOTRON 155 Plant Avenue HAUPPAUGE/N.Y. 11788 U.S.A.	32	EMILE BOGER & CO. AG Pumpenbau/Maschinenfabrik Cressier NE/SCHWITZ SWITZERLAND
7	AQUAPURE SYSTEMS LIMITED 14 Holton Heath Industrial Estate/Holton Heath/ POOLE/Dorset BH16 6LG U.K.	20	COS.ME S.N.C Via G. Maurizio 36 36100 VICENZA ITALY	33	END PUMPS (U.K.) LTD Fairfield Estate/ Reading Road/ HENLEY-ON-THAMES OXON RG9 1DY U.K.
8	BARBARA (COMPANHIA METALURGICA) Av. Almirante Barroso/ 72 - 11. andar/CP1509 RIO DE JANEIRO, RJ BRAZIL	21	DATA INDUSTRIAL CORPORATION Commerce Park Road POCASSET, MA 02559 U.S.A.	34	ENVIRONMENTAL ENG. LTD. Little London Spalding Lincolnshire PE11 2UE U.K.
9	BAUER C.E. Springfield/OHIO 45501/ U.S.A.	22	DAVENPORT ENGINEERING CO.LTD Effluent Treatment Division Harris Street/BRADFORD/ West Yorkshire BD1 5JD U.K.	35	ENVIROTECH CORPORATION (EMCO PROCESSING MACHINERY DIVISION) 669 West 2nd South SALT LAKE CITY UTAH 84110 U.S.A.
10	BELLIN S.p.A. Via Teonghio 41 36040 ORGIANO (VI) ITALY.	23	DE CARDENAS S.P.A. Via Melchiorre Gioia 72 20125 MILAN ITALY	36	ESSEL LTD Station Road/ST. NEOTS/ Cambs PE19 1QP U.K.
11	BIRD MACHINE INTERNATIONAL Straatsweg 31/ 3603 CV Maarssen P O Box 361 3600 AJ Maarssen HOLLAND	24	DEL MONTE (ANGELO DEL MONTE) Via Langhirano 134 43100 PARMA ITALY	37	ETA (ENGENHARIA DE TRATAMENTOS DE AGUAS LTDA/ Travessa dos Encanadores 50 CURITIBA/PARAMA BRAZIL
12	BRAN & LUBE LIMITED Scaldwell Road/BRIDWORTH/ Northants NN6 9EN U.K.	25	DIDIER FILTERTECHNIK D 6719 Eisenberg PFALZ GERMANY	38	EURO-MATIC EUROPEAN PLASTIC MACHINERY K/g. A/S. 29 Krimvej DK 2300 COPENHAGEN 3 DENMARK
13	BROOKS INSTRUMENT DIVISION (EMERSON ELECTRIC CO.) Statesboro/GEORGIA 302458 U.S.A.	26	DONKIN BRYAN DONKIN COMPANY LIMITED Derby Road CHESTERFIELD S40 2ED U.K.		

SUPPLIERS ADDRESSES (Continued)

Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS
39	PELUMA (SCHLESINGER & CO KG) D-5531 Marlenbach/ KIPPEL <u>WEST GERMANY</u>	51	QUINARD - (POMPEY GUIDARD) 179 Boulevard S. Denis 92400 COURBEVOIE <u>FRANCE</u>	63	LEITNER S.P.A. Via Brennero 34 39049 VIPTIZENO (Boisano) <u>ITALY</u>
40	FENWICK Strada nuova Valassina 324 20035 LISSONE (MI.) <u>ITALY</u>	52	HARLEYFORD HYDROSAND EQUIP- MENT Co. Ltd. Harleyford/Marlow/Bucks <u>U.K.</u>	64	THE LONGWOOD ENGINEERING COMPANY LIMITED Parkwood Mills/Longwood/ Huddersfield/W. Yorkshire HD 3 4TP <u>U.K.</u>
41	FERRO CORPORATION Filtros Plant 603 West Commercial St., P O Box 389 EAST ROCHESTER NY 14445 <u>U.S.A.</u>	53	HAWKES SINDLEY WATER ENGINEERING LTD Molly Millars Lane Wokingham/Berkshire RG11 2PT <u>U.K.</u>	65	THE MANOR ENGINEERING CO. LTD. Trenton Road/Longton/ STOKE-ON-TRENT ST3 4UD <u>U.K.</u>
42	FILTRI FINE S.A.S. Via Fontana 5a 20122 MILAN <u>ITALY</u>	54	HORSCH (KERNHARD HORSCH & SOHN GmbH & CO.) P O Box 116/D-5160 Duren <u>WEST GERMANY</u>	66	EROLE MARELLI COMPONENTI Spa Via 24 Maggio 10/ 20099 SESTO S. GIOVANNI <u>ITALY</u>
43	FLOTTWEG 4Dr Georg Bruckway GmbH & Co. KG) Postfach 1160 D- 8313 Vilsbiburg <u>W. GERMANY</u>	55	HUGENMEYER (CELIO HUGENMEYER CONSULTORES INDUSTRIAIS S/C LTD). Av. Joao Carlos da Silva Borges 693/C.P. 20537 SAO PAULO. S.P. <u>BRAZIL</u>	67	MASS TRANSFER INC. 13101 Northeast Freeway Suite 300/HOUSTON/ Texas 77040 <u>U.S.A.</u>
44	FLOTJOT A.B. Bvetsary 12/Box 1309 S - 171 29 SOLNA <u>SWEDEN</u>	56	HYDRO SYSTEM S.R.L. Via 5 Giornate 1040 21042 CARONNO PERTUSKLA (VA) (S.S.VARESENA <u>ITALY</u>	68	MEINERCKE-COSMOS EMERSON ELECTRIC UK LTD Brooksmaster House/ Stuart Road/Bredbury/ STOCKPORT SK6 2SR <u>U.K.</u>
45	FRINGS (HEIDRICH) & Co Jonas-Cahn Strasse 9 D 0 5300 BONN 1 <u>WEST GERMANY</u>	57	IDROMOVA S.R.L. Via Valleri 10080 SALASSA (To) <u>ITALY</u>	69	METRIX ENGINEERING LTD. Flagden Street SHEFFIELD S2 5QS <u>U.K.</u>
46	GALLARATI Via Carlo Tesei 1 20124 Milan <u>ITALY</u>	58	KENICS CORPORATION Kenics Park/North Andover/ Mass. 01845 <u>U.S.A.</u>	70	MOMO PUMPS LIMITED Arnfield Works/ Martin Street/Andershaw/ MANCHESTER M24 5JA <u>U.K.</u>
47	GENEVA (INMOG) LTDA. C.P. 325/Bairro Vicentina/ Sao Leopoldo 48 <u>BRAZIL</u>	59	KENT INDUSTRIAL MEASUREMENTS LIMITED Howard Road Eaton Socon ST. NEOTS/Huntingdon/ Cambridgeshire/ <u>U.K.</u>	71	MPL PUMPS LIMITED Victoria Road FELTHAM/Middlesex TW13 7DB <u>U.K.</u>
48	GRAVES (JOSHUA GRAVES & SONS LTD.) P O Box No. 2/ Atlas Engineering Works/ RAMSDONTON/Bury/Lancashire/ BL0 9BA <u>U.K.</u>	60	KLEINDIENST AQUATEC GmbH & CO. KG. Argenstrasse 7 D - 8900 AUGSBURG 11 <u>WEST GERMANY</u>	72	NEW HADEN PUMPS New Haden Works/CHEADLE Stoke-on-Trent/Staffs ST10 2NW <u>U.K.</u>
49	GREC S.R.L. Via Lassarotto 15/17 20124 Milan <u>ITALY</u>	61	KOMLINE - SANDERSON ENO. CORP. 108 South Patton Drive CORAOPOLIS, Pennsylvania 15108 <u>U.S.A.</u>	73	MICROM-CROMAGAO INDUSTRIAL DE CROMO DURO LTDA CP 6821/80,000 CURITIBA/ Parana <u>BRAZIL</u>
50	GREEN BAY FOUNDRY GREEN BAY/Wisconsin 54306 <u>U.S.A.</u>	62	LAKE SIDE EQUIPMENT CORP. 1022 E. Devon Avenue P O Box 8448 BARTLETT, IL 60103 <u>U.S.A.</u>	74	MORTON COMPANY Morroester Massachusetts 01606 Area Code 617 853 - 1000 <u>U.S.A.</u>

SUPPLIERS ADDRESSES (Continued)

Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS	Ref. No.	ADDRESS
75	OSMONICS INC. 15404 Industrial Road HOPKINS/MN 55343 U.S.A.	86	RITTERSHAUS & BLECHER GmbH Wittensteinstrasse 80 - 100/ D - 5600 WUPPERTAL 2 WEST GERMANY	97	SPARLING METERFLOW BESTOBELL SPARLING LTD., Victoria Road/ Burgess Hill Sussex RH15 9LL U.K.
76	OTTO ECOLOGIA s.r.l. Via Torino 114 CASTEGGIO (PV) ITALY	87	ROBUSCHI & C. S.p.a. Via S. Leonardo n. 71/A 43100 PARMA ITALY	98	THE SPENCER TURBINE CO., 500 Day Hill Road WINDSOR/Connecticut 06095 U.S.A.
77	PACSETTER SEPARATOR CO. P O Box 9637 CORPUS CHRISTI Texas 78408 U.S.A.	88	SCHENK FILTERBAU GmbH Postfach 1830 D - 7070 SCHWAHLSCH GMUND WEST GERMANY	99	THOMPSON (NEI THOMPSON LTD) Horseley Bridge P O Box 5/5 Horseley Road/ TIPTON/West Midlands DL4 7LY U.K.
78	PADOVAN (AMP PADOVAN S.P.A.) Via Dal Vera 13 31015 CONEGLIANO/TV/ ITALY	89	SCHUMACHER Lochgauer Strasse 39-41 D - 7120 BIETIGHEIM WEST GERMANY	100	TIGREPIERA Rua Prof. Cristiano Fischer 1950/Bairro Partanon PORTO ALEGRE/ R.S. BRAZIL
79	PARSONS INDUSTRIAL PLASTICS & ENG. CO.(WALSALL) LTD. Commercial Road/Teamore BLOMICH/WALSALL WS2 7NQ U.K.	90	SCREENING & APPLICATION ENGINEERS LIMITED S.A.E. House 3 Gate Lane BOLDMERE/Sutton Coldfield Warwickshire U.K.	101	TURO ITALIA S.P.A. Viale Zara 58 20124 Milan ITALY
80	PEABODY HOLMES LIMITED Turnbridge/Huddersfield HD1 6RB U.K.	91	SEAC s.r.l. Via Leone Pancaldo 3/35 50127 FIRENZE ITALY	102	WARREN JONES ENGINEERING LIMITED/ Telford Road Industrial Estate/Bicester/ Oxfordshire OX6 0TZ U.K.
81	PEGSON LIMITED COALVILLE Leicester LE6 3ES U.K.	92	SIEMENS ELETTRA S.p.A Via F. Filzi 29 20124 MILAN ITALY	103	WHITEHEAD & POOLE LTD. P. O. Box 9 Milltown Street/ RADCLIFFE/MANCHESTER/ M26 9NU U.K.
82	PIPELINE EQUIPMENT LTD. Greatness Road SEVENOAKS/Kent TN14 5BY U.K.	93	SILVERTON TANNERY LIMITED P O Box 7 SILVERTON 0127 REPUBLIC OF SOUTH AFRICA	104	THOMAS WILLET (FLETCHER-WILLET COMPANY) 563 Eagle Rock Avenue/ P O Box 128 ROSELAND/New Jersey 07068 U.S.A.
83	POLY-GLASS LIMITED 11 South Road, MORCAMBE/Lancs U.K.	94	SIMON-HARTLEY LIMITED Stoke-on-Trent ST4 7BH U.K.	105	WOODS OF COLCHESTER LTD. Tufnell Way COLCHESTER CO4 5AR U.K.
84	PRECISION DOSING PUMPS LTD. Alma Park Road Grantham Lincolnshire NG31 9SE U.K.	95	SIMSONS OF EDINBURGH LTD. 12/13 Dayfield Square EDINBURGH EH1 3NZ U.K.		
85	PRINCE MACARONI MANU. CO. (Chem-Tech International) P O Box 98/Merrinack & South Union Streets/ LAWRENCE/Massachusetts 01843 Area Code 517 685-4301 U.S.A.	96	B. S. SMOGLESS S.p.A. Via Mascheroni 29 20145 MILAN ITALY		



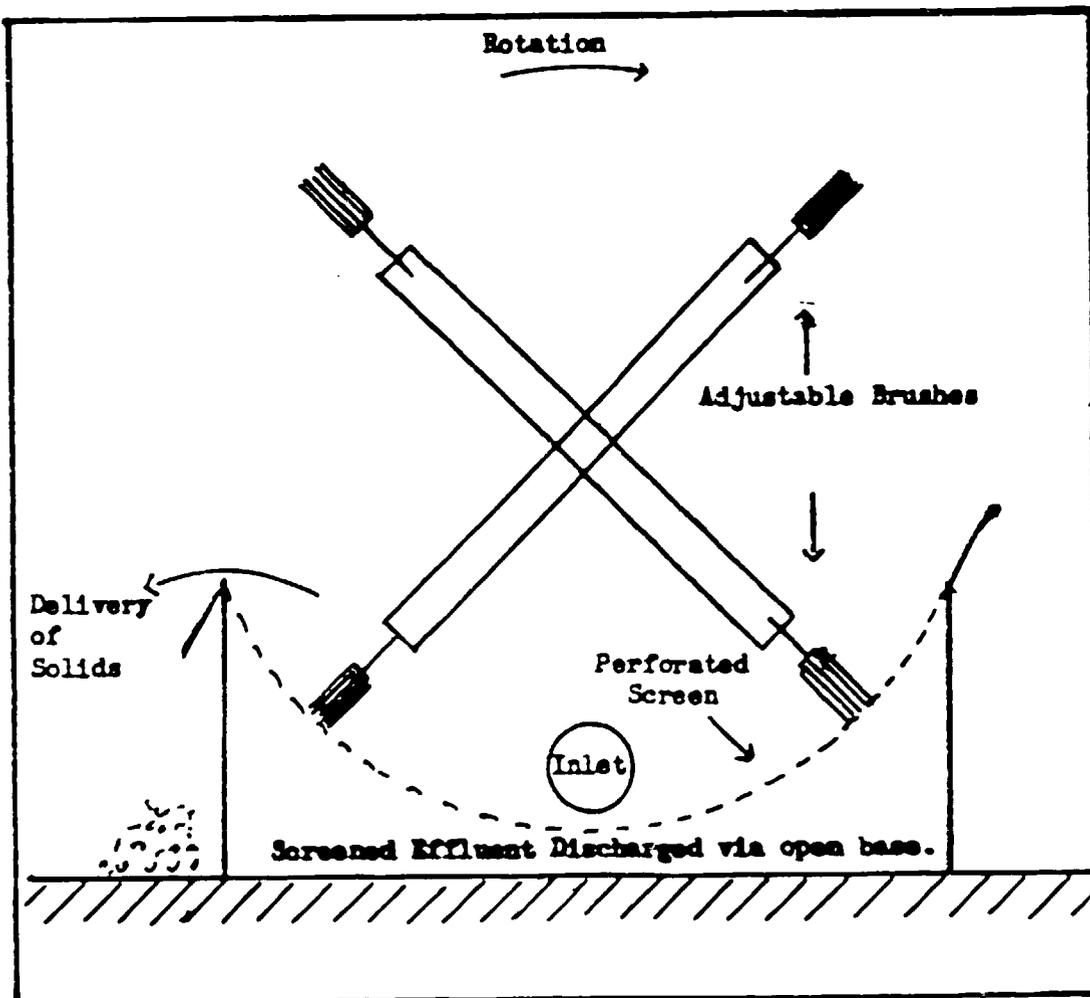
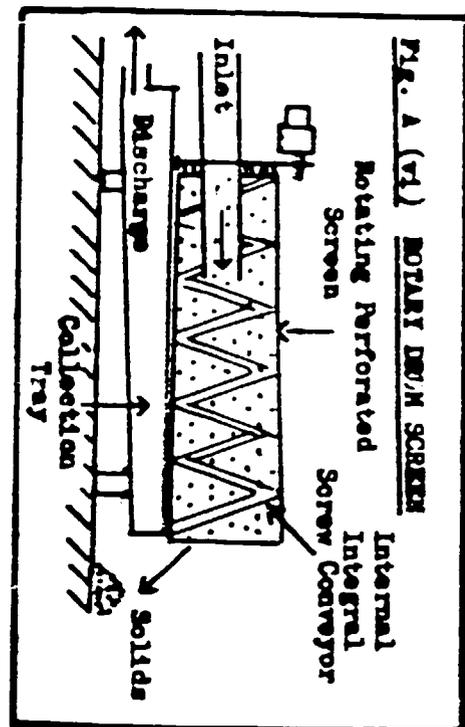
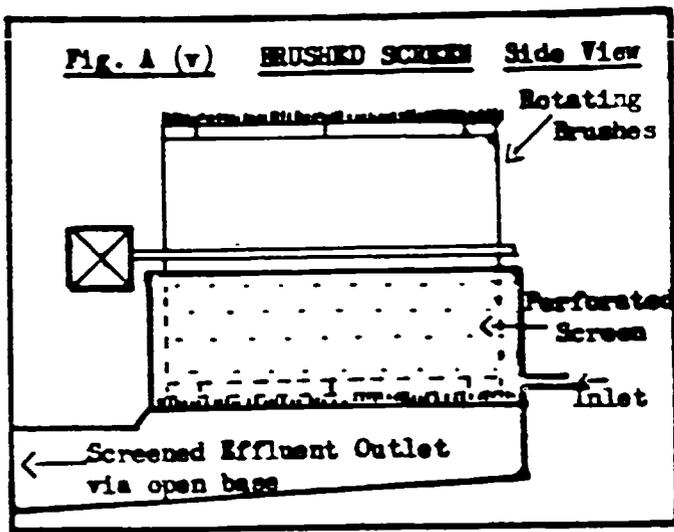


Fig. B (1) SUBMERSED AERATOR - ZONES OF ACTIVITY

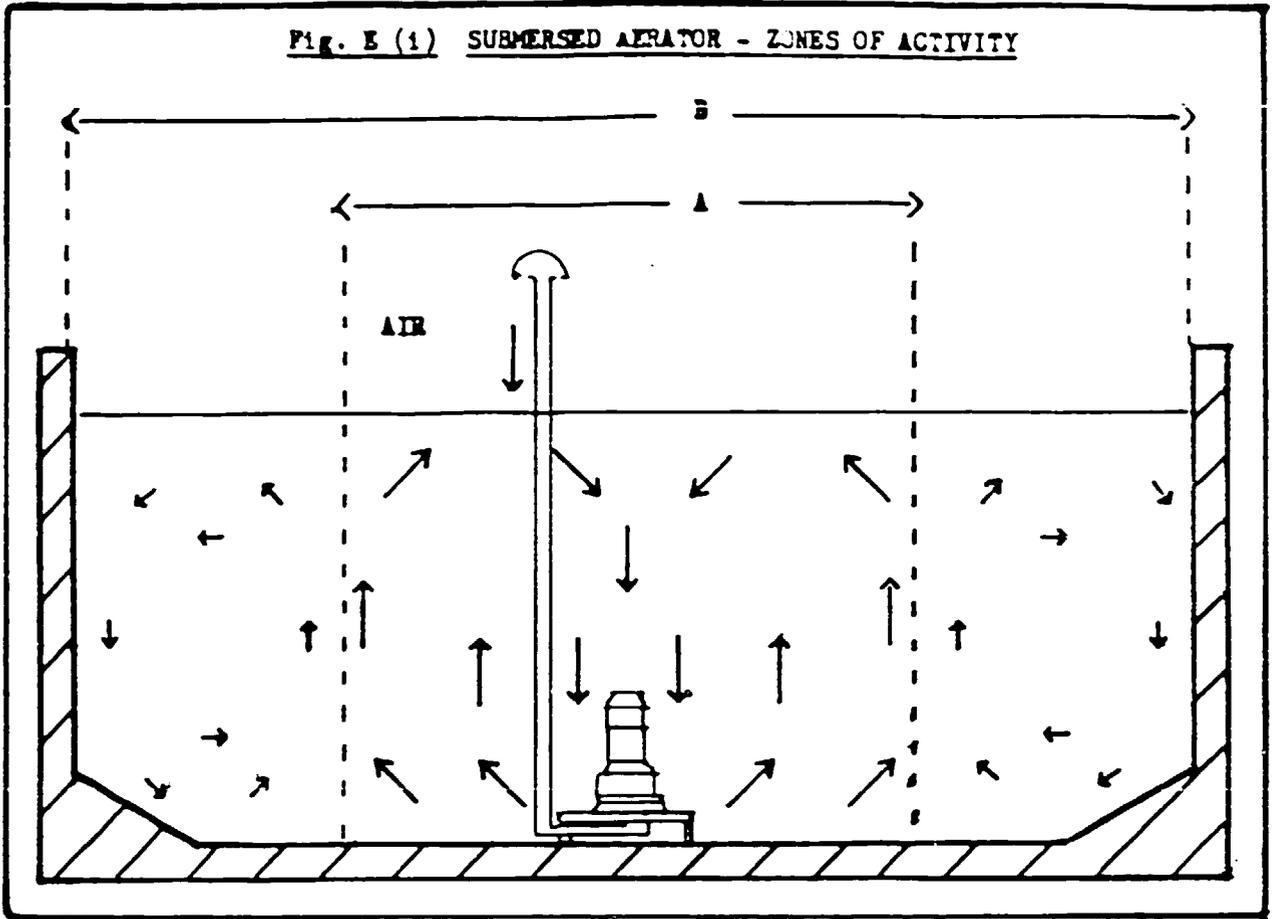


Fig. B (1) PERFORMANCE/POWER CURVES

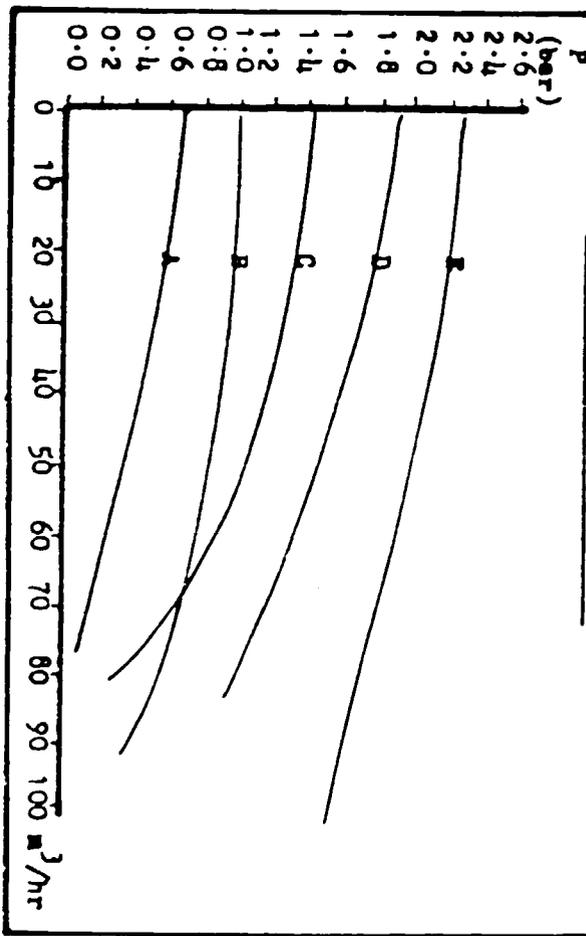


Fig. C (1)

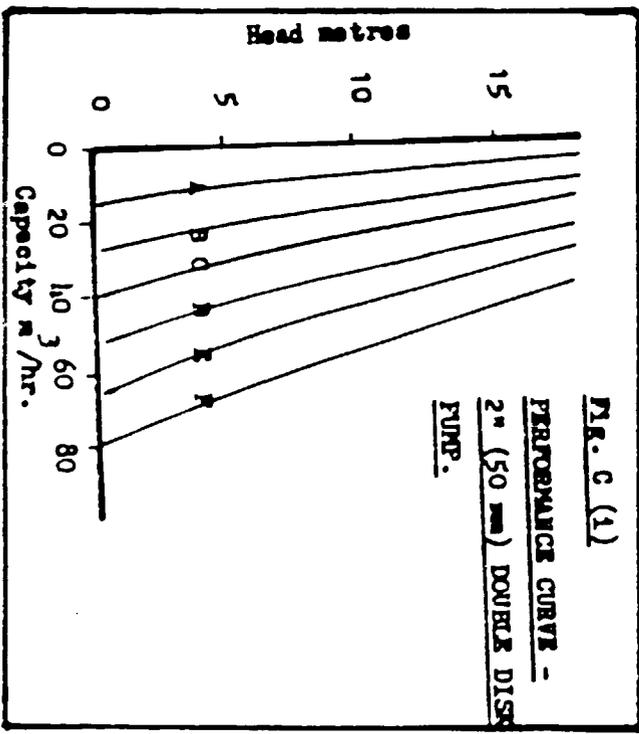
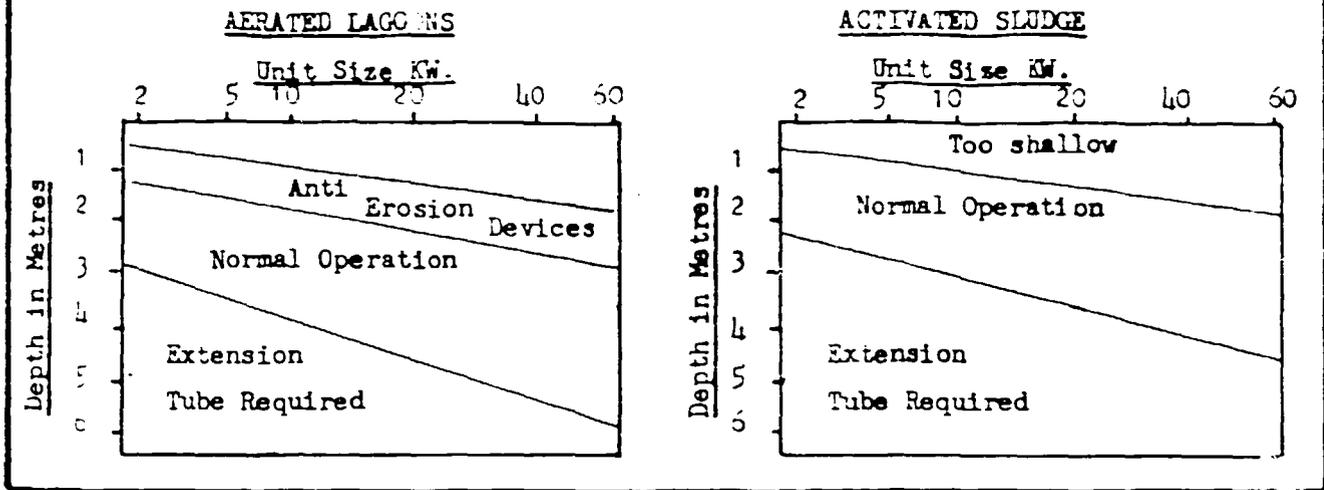
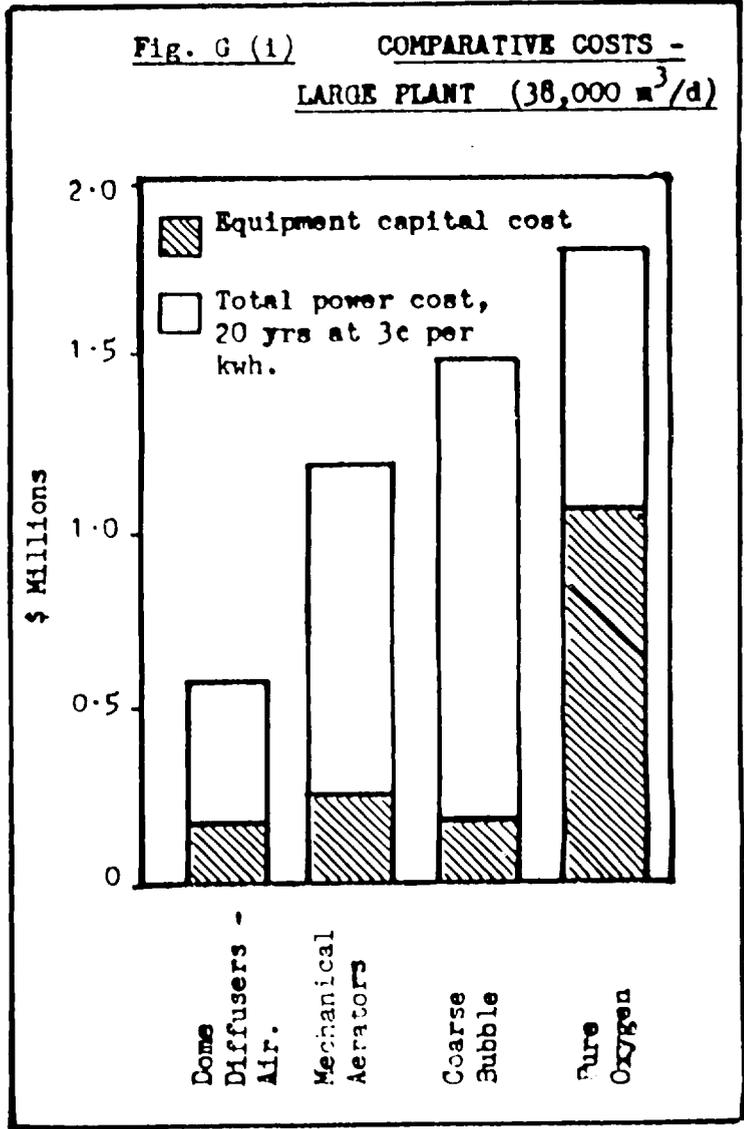
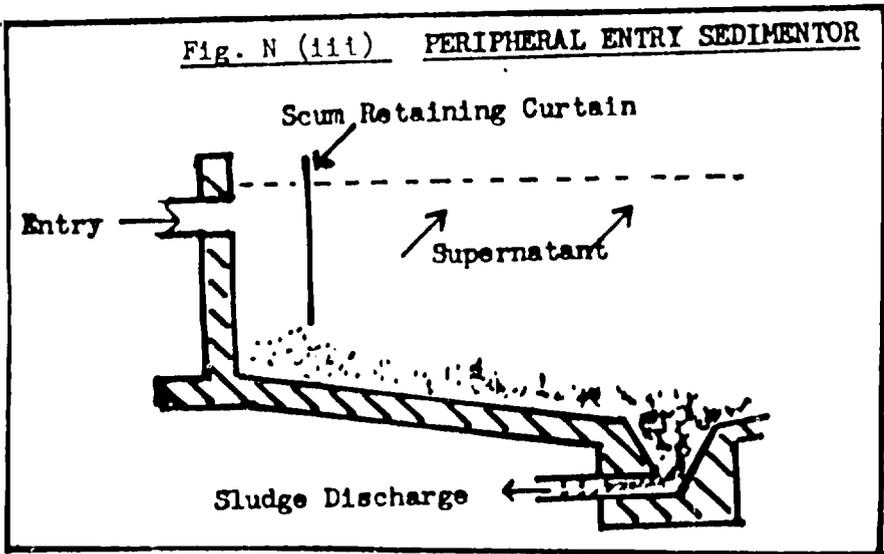
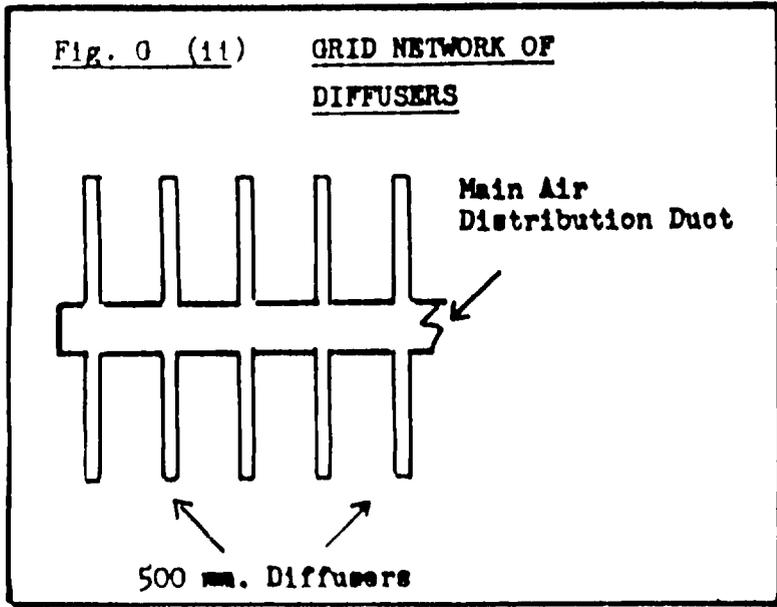
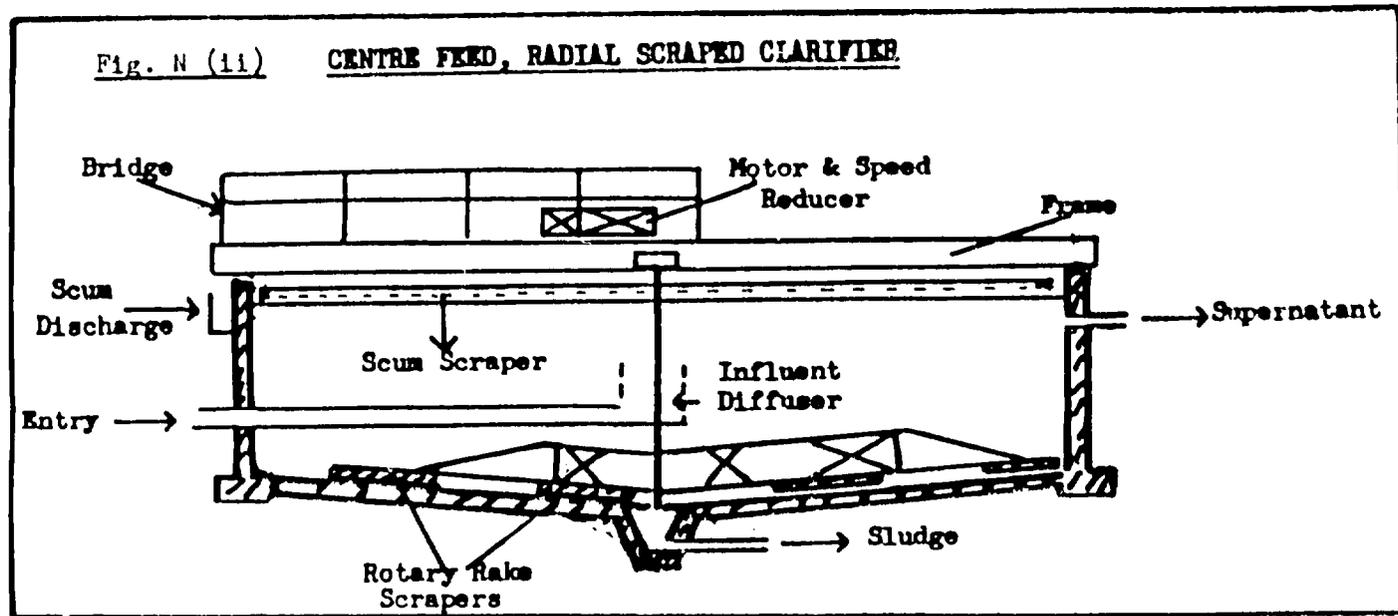
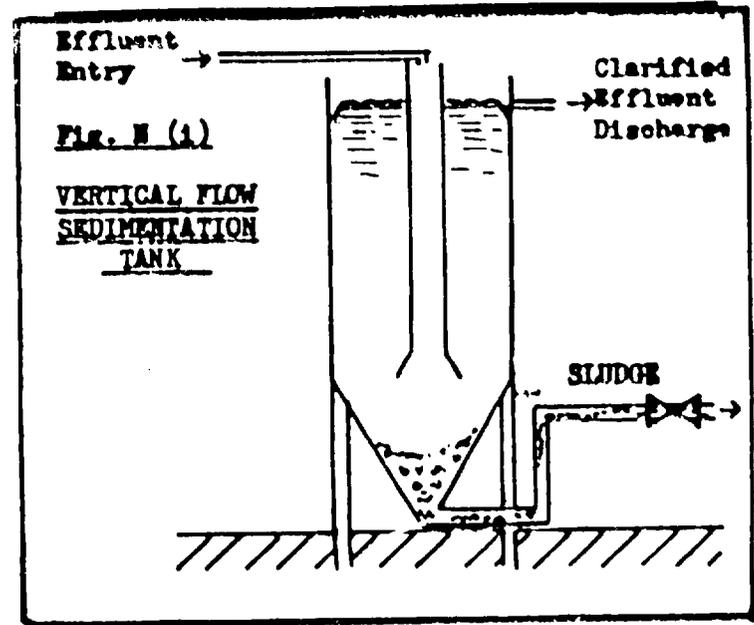
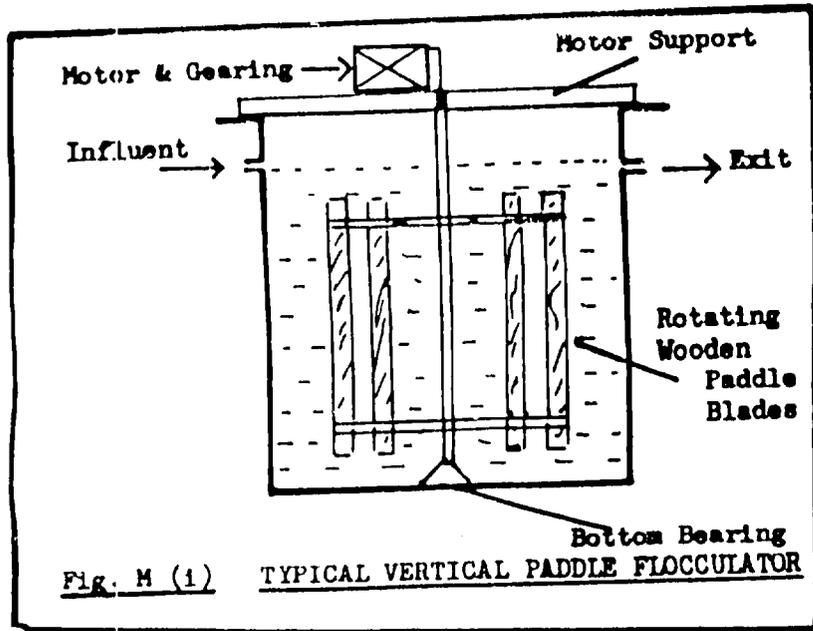


Fig. F (1) OPERATING DEPTHS - HIGH SPEED FLOATING AERATORS







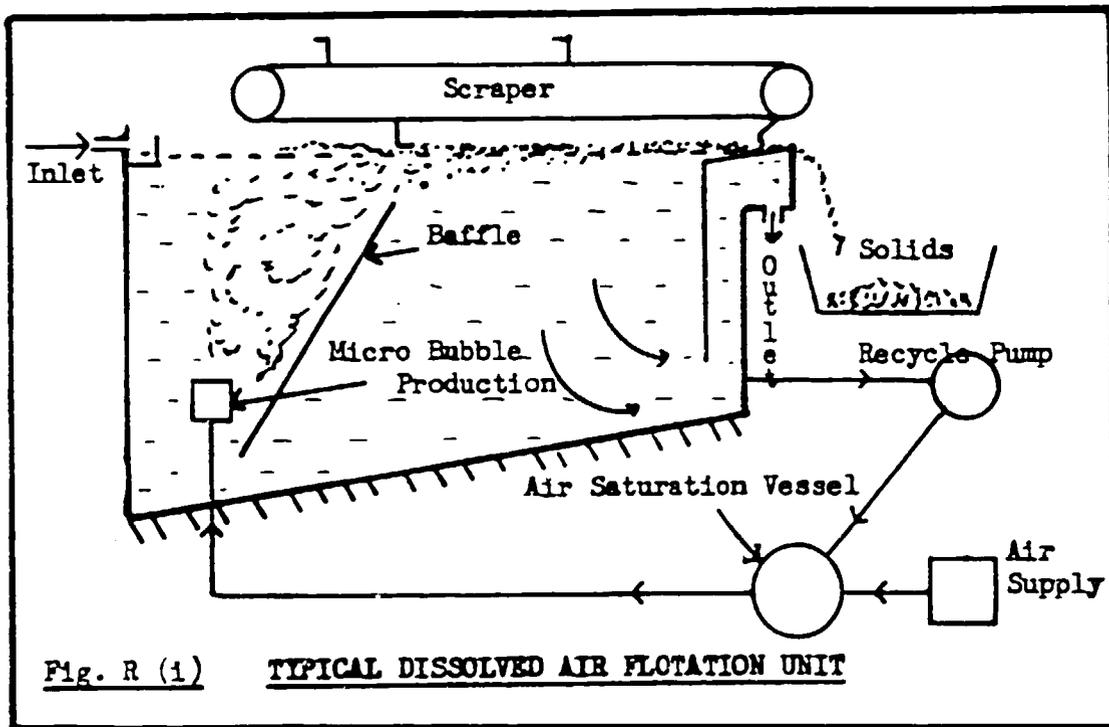


Fig. R (1) TYPICAL DISSOLVED AIR FLOTATION UNIT

REFERENCES

- 1 "Environmental Considerations in the Leather Producing Industry"
Draft Project Final Report UNIDO/ITD. 337 9 June 1975
- 2 "Eleventh Meeting of the I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission"
via J. Soc. Leather Technol. Chem. 1979. (63) 114-125
- 3 Waste Management Paper No. 17 "Wastes from Tanning, Leather Dressing
and Fellmongering". Department of the Environment, LONDON 1978.
- 4 Bartlett + James - J. Environmental Quality 1979. 8. (1) 31., via
Meeting of the I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission. J. Soc.
Leather Technol. Chem. 1981. (65) 91.
- 5 Meeting of the I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission. J.Soc. Leather
Technol. Chem. 1981. (65) 91.
- 6 Muralidhara H.S. and Maggin B. "Recovery of Energy and Chrome from
Leather Waste". The Leather Manufacturer. September 1979. P.30
- 7 Jones B.H. "Incineration and the Environment". The Leather Manufacturer
June 1980 P. 31
- 8 Muralidhara H.S. "Letter to the Editor" The Leather Manufacturer August 1980
P. 37
- 9 Jones B.H. "Low Temperature Alkaline Incineration of Leather Shavings and
Tannery Sludges". The Leather Manufacturer December 1980 P. 29
- 10 "Leather Tanning and Finishing - Point Source Category". EPA - 440/1-74-016-a
Washington March 1974
- 11 Aloy, Folachier and Vulliermet "Pollution and Tannery". Centre Technique du
Cuir. Lyons, France May 1976
- 12 Calculated by the UNIDO Consultant from data quoted by Fendrup at reference
2 above.
- 13 Calculated by the UNIDO Consultant from data quoted by Gorecki at reference
2 above.

REFERENCES (Continued)

- 14 Hervey R.K. Bot. Gaz. 111 (1) 1 (1949)
- 15 Southgate B.A. "Treatment and Disposal of Industrial Waste Waters". Department of Scientific and Industrial Research H.M. Stationery Office, London 1948
- 16 van Vlimmerent P.J. "Tannery Effluent". I.A. Wilson Memorial Lecture 1972. J.Am. Leather Chem. Ass. 1972, 67, 388-406
- 17 Tannery Effluent. Report to the members of the Effluent Commission of the IULCS. Journal Soc. Leather Trades Chem. 1972. (56) 40-71
- 18 Folachier: A; Reynaud P: "Reduction des volumes d'eau utilisés en fabrication (rincages et lavages) Technicuir 1973, 7, No. 2 3-9
- 19 Folachier A: "Les "points chauds" de la pollution en tannerie-megisserie". Technicuir 1974, 8 (No.7) 20-3 (1974)
- 20 Slabbert N.P: Recycling in the Tanning Industry. L.I.R.I. J. Soc. Leather Technol. Chem. 1980 (64) 89.
- 21 Komanowsky M; Senske G.E. "Reduction of Tannery Waste Volume Through Countercurrent Reuse of Process Streams". J.A. Leather Chem. Ass. 1982. Page 206
- 22 Simoncini A; de Simone G: "Depuration en Continu des Eaux de Rivière, tannage et teinture, à l'Exterieur du Foulon" XVII Congress I.U.L.T.C.S. Buenos Aires 1981.
- 23 Folachier A: "Recyclage direct des Bains de Pelange et de tannage au Chrome en Fabrication". XIV Congress I.U.L.T.C.S. Barcelona 1975
- 24 van Vlimmeren P.J.; Langerwerf J.S.A.; van Meer A.J.J; Pelckmans H.H.A.: "New Developments in the Lime-Sulphide Unhairing Process to Improve the Quality of Tannery Waste Water". XIV Congress I.U.L.T.C.S. Barcelona 1975
- 25 Ludvik J: Ref. 5 ibid.

REFERENCES (Continued)

- 26 Frendrup W. Ref 5 ibid
- 27 Frendrup W. Ref 2 ibid
- 28 Cranston R.W; Davis M.H.; Scroggie J.G.: "Improvements in The Unhairing Process". XVII Congress I.U.L.T.C.S. Buenos Aires 1981
- 29 Frendrup W. "The Influence of Unhairing Methods upon the Amount and Degree of Water Pollution from a Tannery: A Survey of the Literature 1967 - 73". J.Soc. Leather Technol. Chem. 1974 (58) 9.
- 30 Prentiss W.C.: "Chemical Routes to a Low Sulfide Beamhouse". The Leather Manufacturer Spetember 1981 Page 21
- 31 Sukach D.S.: "Use of an Enzyme Soak for Rapid Liming in Normal and Low Sulfide Systems". The Leather Manufacturer September 1981 Page 25.
- 32 Fritz H: "Sulfide-free Unhairing Systems Can Avoid Pollution Problems". The Leather Manufacturer October 1979 P. 32.
- 33 Gauglhofer J: via "Tenth Meeting I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission 1977" J.Soc. Leather Technol. Chem. 1979 (63) 6.
- 34 Simoncini A; Del Pezzo; Manzo: Cuoio. Pelli. Mat. Coneianti 1972, (48) 337
- 35 Frendrup W: via I.U.L.C.S. Effluent Commission. J.Soc. Leather Technol. Chem. 1973 (57) 63
- 36 Money C.A.; Adrninis U: "Recycling of Lime-Sulphide Unhairing Liquors". J.Soc. Leather Technol. Chem. 1974 (58) 35.
- 37 Schubert B; Pauckner: "Recycling Unhairing Liquor to Reduce Effluent Pollution". Gerbereiwiss Prax. 1977, 29 (24) 218 - 230. via J. Soc. Leather Technol. Chem. 1979 (63) 40.
- 38 Luck W: "Chrome Tanning Processes with Particularly Good Exhaustion". The Journal of the American Leather Chemists Ass. 1980 (75) 10 378

REFERENCES (Continued)

- 39 Covington A.D: "Studies in Chrome Utilization in U. K. Tanneries"
Part I J. Soc. Leather Technol. Chem. 1981 (65) 1
- 40 Davis M.H. Scroggie J.G. : "Investigations of Commercial
Chrome Tanning Systems" Part I "Separation of the Complexes
present by Gel Filtration and the Effects of Aging and Basification".
J. Soc. Leather Technol. Chem. 1973 (57) 13
- 41 Ibid Part II "The Rate of Uptake by Hide of the Different Chrome
Complexes from Solution" J. Soc. Leather Technol. Chem. 1973 (57) 35
- 42 Ibid Part III "Recycling of Used Chrome Liquors". J. Soc.
Leather Technol. Chem. 1973 (57) 53
- 43 Ibid Part IV "Recycling of Chrome Liquors and Their Use as a
Basis for Pickling". J. Soc. Leather Technol. Chem. 1973 (57) 81
- 44 Ibid Part V "Recycling of Chrome Liquors in Commercial Practices"
J. Soc. Leather Technol. Chem. 1973 (57) 173
- 45 Burns J.E.; Colquitt D.E.; Davis M.H; Scroggie J.G. : "Investigation
of Commercial Chrome-Tanning Systems. Part VI Full-scale Trials
of Chrome Liquor Recycling and the Importance of Salt Concentration".
J. Soc. Leather Technol. Chem. 1976 (60) 106
- 46 Arnoldi H.W.; Covington A D: "Studies in Chrome Utilization
in U.K. Tanneries" Part II. J. Soc. Leather Technol. Chem.
1981 (65) 5
- 47 Sharp B. via "Solutions to Pollution discussed by A.L.C.A"
The Leather Manufacturer 1980 (7) Page 20
- 48 Constantin J.M.; Stockman G.B.: "Leather Tannery Waste Management
Through Process Change, Reuse and Pretreatment". Industrial
Environmental Research Laboratory U.S. Environmental Protection
Agency EPA-600/2-77-034 January 1977
- 49 Langerwerf J.S.A.; de Wijs J.C.; Pelckmans H.H.A; Koopman R.C.:
"Precipitation and Reuse of Trivalent Chromium". XIV Congress
I.U.L.T.C.S. Barcelona 1975 Page 27
- 50 Langerwerf J.S.A.; Pelckmans H.H.A; "Chromium Containing Wastes
of the Leather Industry". XVII Congress I.U.L.T.C.S. Buenos
Aires 1981.

REFERENCES (Continued)

- 51 "Unique Chrome Recycling System at Wolverine Worldwide Reduces Discharge Level and Chemical Costs" - The Leather Manufacturer August 1979 Page 38
- 52 Shuttleworth S.G: "The Liritan "No Effluent" Rapid Pit Tannage Sole Leather Process". J. Soc. Leather Trades Chem. 1963 (47) 143
- 53 Atkinson J.H: Scowcroft F: "An Efficient and Economical Tannage of Light Leathers" Modern Methods of Tannage TEPF Zurich
- 54 Bailey A.D: Humphreys F.E: "The Removal of Sulphide from Limeyard Wastes by Aeration". J. Soc. Leather Trades Chem. 1967, (51) 154.
- 55 De S: "Some Aspects of Tannery Effluent Control" J. Am Leather Chem. Ass. 1973 (68) 8. 316
- 56 Minutes of the 8th Meeting of the I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission May 1975 via J. Soc. Leather Technol. Chem. 1976 (60) 95
- 57 Stevens W: "The Treatment of Beamhouse and Fellmongery Effluent". Annual Conference S.L.T.C. Leicester. October 1982
- 58 Twelfth Meeting of the I.U.L.T.C.S. Tannery Wastes Commission 1979 J. Soc. Leather Technol. Chem. 1980 (64) 109
- 59 Giles M: "Chemical Treatment Solves Tannery Waste Problems" Industrial Wastes. March/April 1980
- 60 Arnoldi H.W: Corning D.R: Sykes R.L: "The Application of Flotation Techniques to the Treatment of Tannery Waste Waters" J. Soc. Leather Technol. Chem. 1980 (64) 69
- 61 "New Treatment for Effluent" - "LEATHER" - International Journal of the Industry September 1981 page 188

REFERENCES (Continued)

- 62 Poole B.M: "Enhanced Clarification of Tannery Wastewater"
J. Am. Leather Chem. Ass. 1982 (77)
- 63 van Vlimmeren P.J: van Meer A.J.J: "Recent Investigations
into the Disposal of Tannery Waste Waters" The Leather
Manufacturer 1974 Page 24
- 64 Berk W.J: "Treat Your Tannery Waste to an Oxidation Ditch"
J. Am. Leather Chem. Ass. 1982 (77) 38
- 65 Bailey D.A: Flouwright D.G: "Oxidation Ditches for Treating
Tannery Effluent" "LEATHER" - International Journal of the
Industry July 1978 Page 35
- 66 M Aloy, C.T.C. Lyons - Personal communication.
- 67 Trentelman C.C.M: Epskamp R.J.C: "System Choice for the
Treatment of Wastewater" Conference Paper Amsterdam Oct. 1982.

N 1 28



88 02 11
AD 88 11