

Secretaría de Industria y Minería



INTI

INSTITUTO NACIONAL DE
TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Caracterización y tratamiento de los efluentes líquidos de la industria de elaboración de jugo concentrado de manzana

Ing. Carlos A. Cittá
Ing. Rolando J. Magliotto
Ing. Luis A. de Tullio
Lic. Víctor F. Monópoli

CIQA

Centro de Investigación
de Ingeniería Ambiental
del Sistema INTI

Promovido por:
Facultad de Ingeniería de la
Universidad de Buenos Aires

CIATI

Centro de Investigación y
Asistencia Técnica a la Industria
del Sistema INTI

Promovido por:
INTA y Gobierno de la
provincia de Río Negro

INICIO
206
Y

ISBN 950 - 532 - 009 - 4

INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI)
Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental (CIIA)



**CARACTERIZACION Y TRATAMIENTO
DE LOS EFLUENTES LIQUIDOS
DE LA INDUSTRIA DE ELABORACION
DE JUGO CONCENTRADO
DE MANZANA**

Autores

Ing. Carlos A. Cittá (CIATI)
Ing. Rolando J. Magliotto (CIATI)
Ing. Luis A. de Tullio (CIIA)
Lic. Víctor F. Monópoli (CIATI)

Supervisión Técnica

Ing. Julio César Durán (director del CIIA)

Colaboradores Técnicos

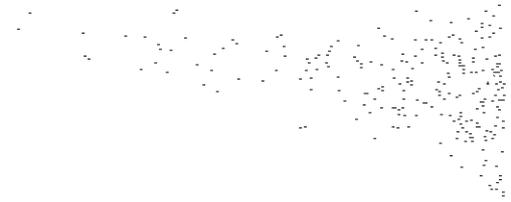
Técn. Héctor Benito (CIATI)
Técn. Esther Camacho (CIATI)
Técn. Ana María Caponi (CIATI)
Ing. Víctor Frullani (CIATI)

1983

© 1983

Editado por Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI
Avda. Leandro N. Alem 1067 - Buenos Aires

Queda hecho el depósito que fija la ley 11.723. Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción parcial o total sin autorización escrita del editor. Impreso en la Argentina. Printed in Argentina.



INDICE

Introducción	5
Resumen	7
Antecedentes	9
Análisis y desarrollo	11
Descripción del proceso industrial	11
Caracterización del efluente industrial	20
Tecnologías menos contaminantes	28
Caracterización final del efluente	29
Tratamiento de los efluentes	30
Conclusiones	48
Referencias bibliográficas	48
Glosario	49

RECONOCIMIENTO

A los señores directivos, profesionales y técnicos de la Empresa que gentilmente y sin ningún tipo de restricciones puso a disposición de los autores su planta industrial.

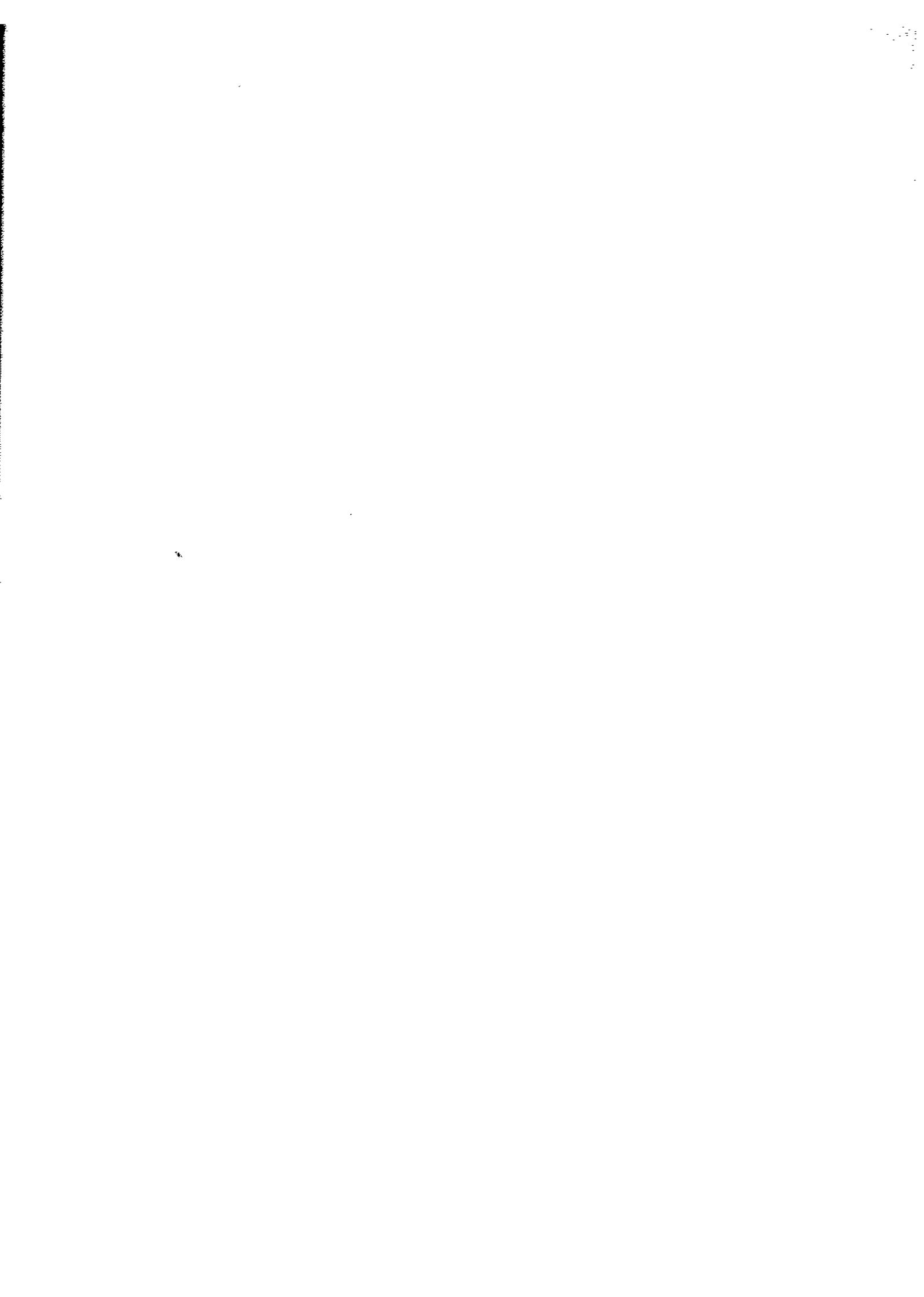
INTRODUCCION

Este trabajo, basado en una publicación de los autores sobre el mismo tema presentada en el Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria de 1982, está dirigido especialmente al personal profesional y técnico de la industria de elaboración de jugo concentrado de manzana que en un futuro inmediato deba encarar el estudio de las características y el tratamiento de los efluentes líquidos generados en el proceso productivo.

Se ha tratado de describir detalladamente la aplicación a dicha industria de la metodología general que adopta el Instituto Nacional de Tecnología Industrial para alcanzar la solución técnica-económica más conveniente de un problema de contaminación por efluentes líquidos.

De esta manera, este trabajo pretende ser una herramienta útil para el personal mencionado, que deberá evaluar la factibilidad de proyectos de plantas de tratamiento de efluentes.

Cabe consignar que para la realización de este estudio colaboraron ingenieros y técnicos de una planta industrial de la zona del Alto Valle del Río Negro, cuyas características se describen más adelante y que, asimismo, autorizaron la divulgación de los datos consignados en esta publicación.



RESUMEN

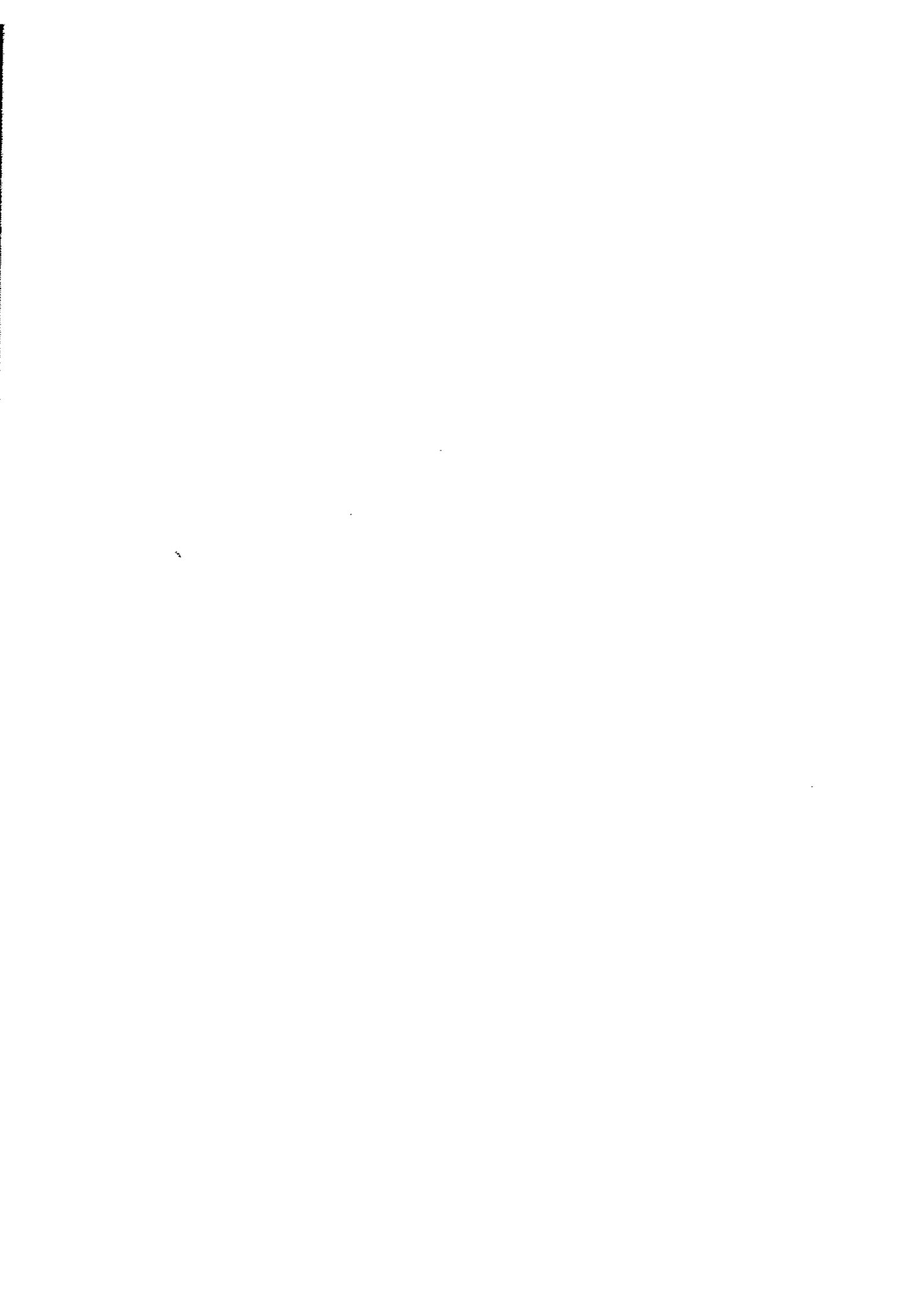
En este trabajo se desarrolla la metodología básica para llevar a cabo los estudios que permiten, en última instancia, alcanzar una solución técnico-económica adecuada para lograr la depuración de los efluentes de la industria de elaboración de jugo concentrado de manzana.

En primer lugar, se indica el proceso de elaboración de jugo concentrado de manzana; a continuación, se hace referencia a las características de los efluentes, determinándose su calidad contaminante y su relación con las actividades productivas de la industria.

A posteriori, se describen diversos sistemas o tecnologías menos contaminantes, tendientes a disminuir la carga contaminante de los desagües y/o reducir el uso de agua en el proceso.

Luego se señalan cuáles son los diversos métodos de tratamiento de los efluentes, haciéndose especial hincapié en la utilización de equipos de ensayo de laboratorio que permiten determinar eficiencias y parámetros de diseño para proyectar plantas de depuración en escala piloto o real.

Por último, se vuelcan las conclusiones y recomendaciones que surgen de la realización de los estudios mencionados.



ANTECEDENTES

La industria elaboradora de jugo concentrado de manzana nace en la Argentina como consecuencia de los excedentes no comercializables de la producción de manzana. Los precios de este producto, cada vez más remunerativos a nivel internacional, hicieron que esta industria se desarrollara explosivamente en el último quinquenio, contando en la actualidad con una capacidad anual de procesamiento del orden de las 300.000 toneladas de manzana, que comportan 25.000 m³ de jugo concentrado. La mayor parte de los establecimientos se encuentran ubicados en el Alto Valle de la provincia de Río Negro y cuentan con un moderno equipamiento y calificada tecnología, siendo el 95% de la producción exportada a los Estados Unidos.

El proceso de elaboración requiere volúmenes importantes de agua. En efecto, se utilizan aproximadamente 73 m³ de agua por tonelada de fruta procesada, de los cuales el 75% es destinado a enfriamiento y vacío, y por ende, factible de ser reutilizado; el 25% restante es descargado como efluente a los drenajes, dada su ineptitud para posterior reuso. De tal manera, 5.500.000 m³ de agua residual son volcados por estos establecimientos industriales, lo que equivale a un caudal medio aproximado de 1.000 m³/hora teniendo en cuenta los 210 días de trabajo anual.

Estos vuelcos, con un alto contenido de carga orgánica serán a corto plazo fuente inevitable de contaminación de los cursos receptores.

La escasa bibliografía específica existente sobre estos efluentes, la proyección futura de este tipo de industria en el país y la magnitud de los volúmenes de desagües involucrados condujeron a la necesidad de realizar un estudio de caracterización y tratamiento de los mismos. Además, se pretende poner en evidencia una metodología de acción válida para encarar problemas similares originados por industrias de proceso de características semejantes a la analizada.



ANALISIS Y DESARROLLO

Para la realización de los estudios que forman parte del presente trabajo se seleccionó un establecimiento industrial típico en cuanto a equipamiento y metodología de producción. La planta procesa el 10 % de la fruta industrializada de la zona del Alto Valle.

DESCRIPCION DEL PROCESO INDUSTRIAL

Objetivos

El estudio de las diversas etapas que componen el proceso de elaboración del jugo de manzana persigue, en este caso, los siguientes objetivos:

- Localización de las fuentes de efluentes industriales.
- Determinación de las probables características físico-químicas de los desagües en función de los tipos y cantidades de materia prima y productos utilizados en el proceso.
- Determinación de los caudales aproximados de los efluentes con miras a seleccionar los métodos de medición o aforo más adecuados.

Análisis de las etapas del proceso productivo

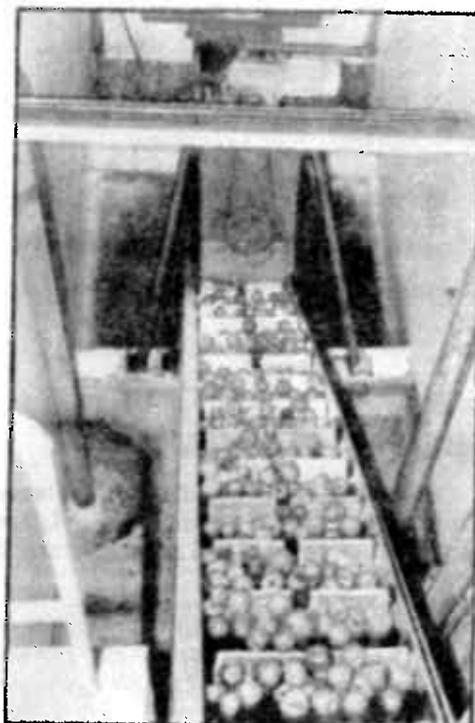
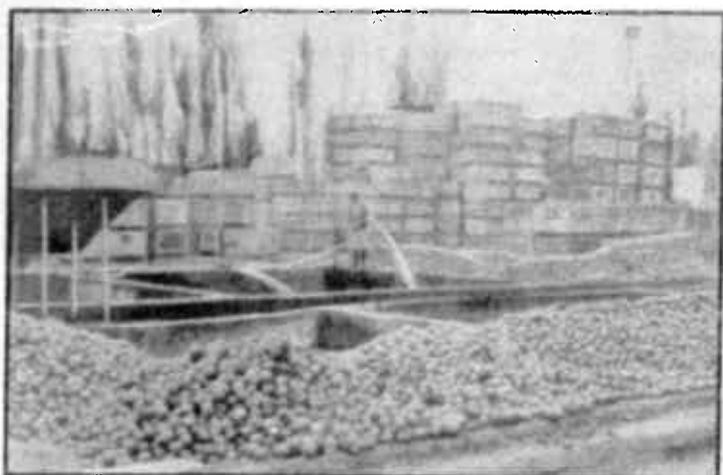
Las distintas etapas que componen el proceso de elaboración del jugo concentrado de manzana son las siguientes:

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| • Recepción de materia prima | • Clarificación |
| • Transporte hidráulico | • Centrifugación |
| • Molienda | • Filtración |
| • Prensado | • Concentración |
| • Recuperación de aromas | • Homogeneización |
| • Preconcentración | • Enfriado |
| • Tratamiento enzimático | • Envasado |

En nuestro país, la materia prima utilizada es la fruta no comercializable y en buen estado sanitario, empleándose esporádicamente manzana de calidad comercial.

La fruta llega al establecimiento en camiones y es descargada en depósitos abiertos ubicados a nivel del piso llamado *lagares* con capacidad de almacenamiento no superior a un día, para evitar el deterioro que las condiciones climáticas pueden producir en la fruta. (Fotografía N°1).

Desde allí, es transportada hidráulicamente a través de un canal subterráneo hasta piletas de dimensiones reducidas llamadas *lagaretas*, donde un elevador tipo tornillo sin fin las extrae del agua para llevarlas hasta la tolva de carga. Durante dicho transporte, la fruta es lavada con agua a presión a fin de quitarle restos de tierra, residuos adheridos y partes al teradas. La tolva receptora de la fruta lavada descarga sobre un molino de estrellá y cuchillas, tipo rallador, donde el material es parcialmente fluidificado y desmenuzado en trozos de pocos milímetros. (Fotografías 2 y 3).



El producto molido es enviado a un tanque pulmón desde el cual es impulsado por bombas de desplazamiento positivo a prensas de cintas y/o prensas hidráulicas. Aquí se separan de la fase líquida los sólidos gruesos -cáscara, semilla y fibras- que constituyen el principal desecho sólido de este proceso (alrededor del 20 % en peso de la materia prima procesada).

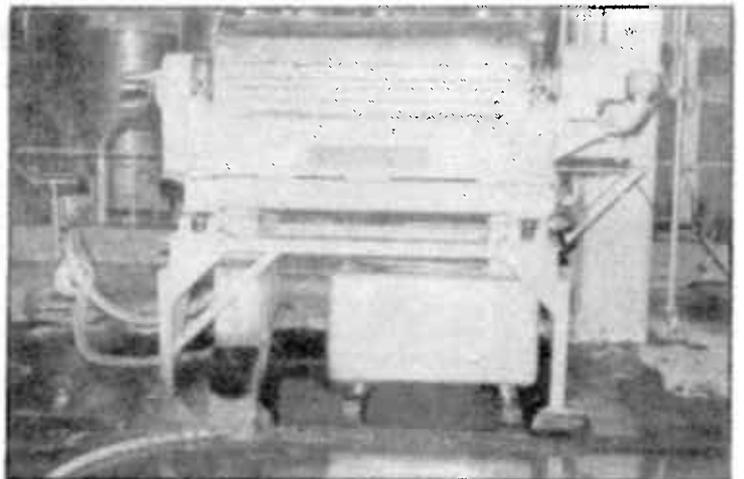
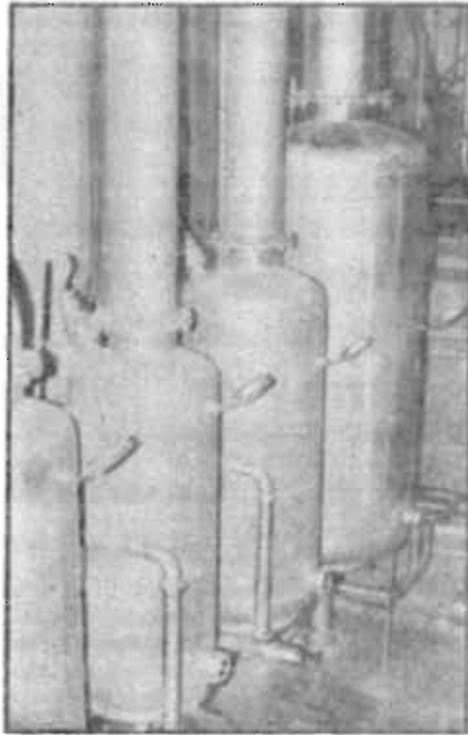
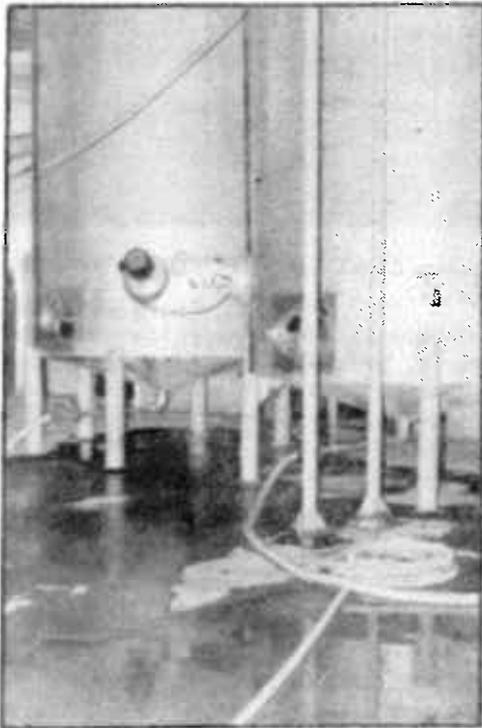
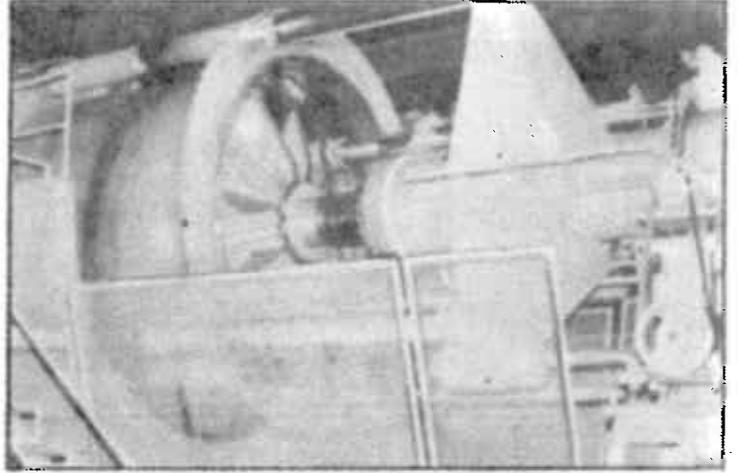
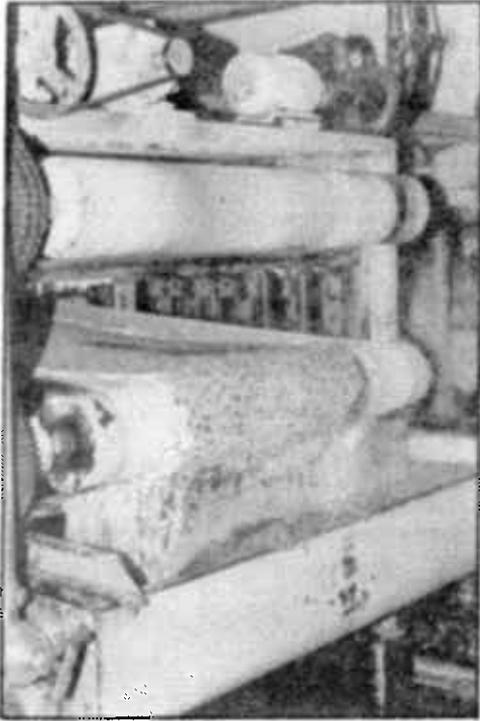
Este desecho sólido, llamado *orujo*, es extraído en seco de las prensas y descargado en camiones para su traslado fuera de la planta; se utiliza como alimento para ganado, material de relleno de terrenos y otros usos. (Fotografías 4 y 5)

A continuación el jugo es calentado en un preconcentrador, donde se desprende la fracción más volátil, que se lleva a una columna de platos para separar del vapor de agua un producto aromático que contiene fundamentalmente ésteres, aldehídos y alcoholes. Después se aumenta la temperatura del jugo, de 18 a 45 °C, en un preconcentrador vertical de cuatro efectos al vacío, quedando el líquido en condiciones técnicas adecuadas para la posterior etapa de tratamiento enzimático (Fotografía 6).

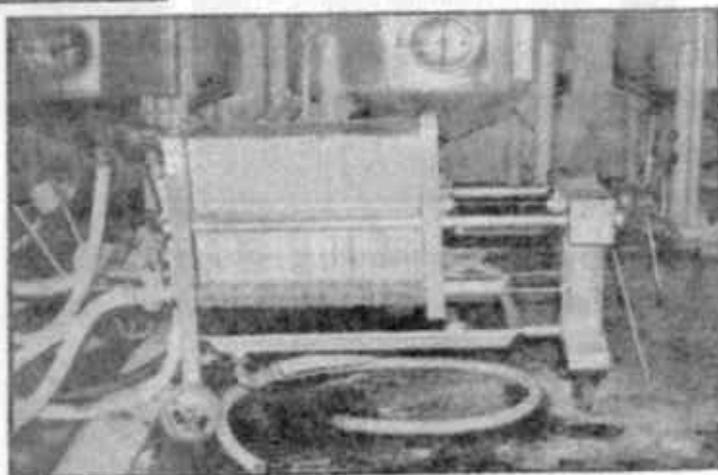
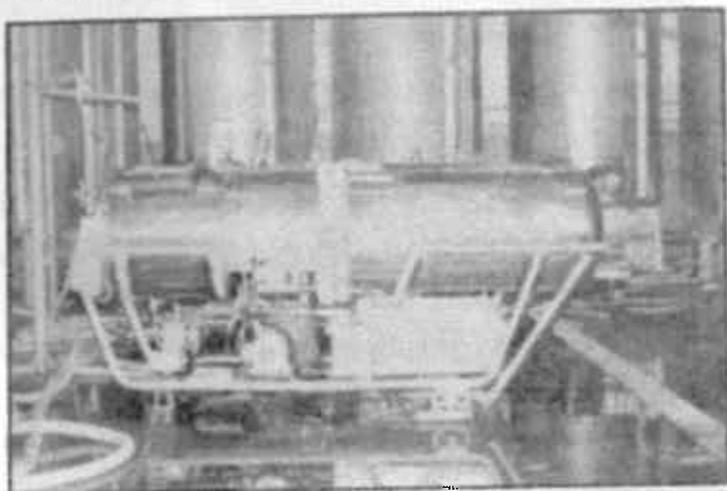
Se procede a continuación a la dosificación de enzimas, con el fin de transformar el almidón en azúcares y degradar las pectinas que se encuentran dentro del jugo como reticulado suspendido, indeseable tanto desde el punto de vista del aspecto del producto como de sus características organolépticas.

Con la dosificación de enzimas comienza también la fase de clarificación, donde se coagu-

la la materia orgánica coloidal mediante el agregado de gelatina y bentonita. Parte de la borra formada sedimenta en los clarificadores y el resto es eliminado por centrifugación, descargándose el jugo clarificado en un tanque para su posterior envío a los filtros. (Fotografías 7 y 8)

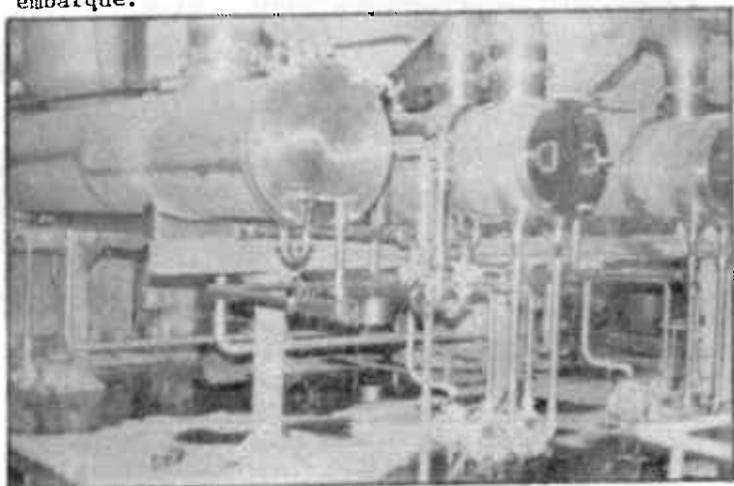


La filtración se realiza en tres etapas: un filtrado grueso para retener los coágulos y la fibra suspendida del centrifugado; un filtrado fino sobre una precapa de tierra de diatomeas, donde se retienen partículas submicrónicas, y por último, un pulido final sobre un filtro de celulosa, donde se retienen los sólidos insolubles que aún pudieran quedar en el jugo. (Fotografías 9 y 10)



Concluido el filtrado, el jugo pasa a la concentración final (70°- 71° Brix) en un equipo evaporador de tres efectos de alto vacío. (Fotografía 11).

Pasa luego a una operación de homogeneización, donde por agitación se uniformizan la concentración y la calidad. Se enfría luego hasta 4 °C-6 °C, procediéndose finalmente a su envasamiento en una sala donde se observan las máximas precauciones de higiene para evitar cualquier tipo de deterioro posterior del producto. El jugo se envasa en tambores de plástico de 200 dm³ de capacidad y se almacena en cámaras frigoríficas a 0 °C hasta su despacho y embarque.



Puede apreciarse que existen tres líneas principales de *utilización de agua*:

- 1) Refrigeración de equipos y alimentación de las columnas de vacío de los sistemas preconcentradores y concentradores (evaporadores). En esta línea existe recirculación de agua, previo pasaje por torres de enfriamiento.
- 2) Transporte y lavado de fruta y limpieza de equipos e instalaciones, actividades que originan la fracción más importante del efluente total de la planta.
- 3) Alimentación de la caldera, previo tratamiento de remoción de dureza (ablandamiento)

Los *efluentes industriales* se originan en las siguientes etapas de proceso industrial:

- 1) Transporte hidráulico y lavado de la fruta, desde los lagares hasta la molienda.
- 2) Lavado de prensas, filtros, evaporadores, tanques y centrífugas.
- 3) Descargas de centrífugas.
- 4) Lavado de pisos e instalaciones en general (válvulas, cañerías, etc.)
- 5) Purgas del sistema de recirculación de agua.
- 6) Purgas de caldera.

Cabe aclarar que la red de colección y conducción de efluentes industriales está constituida principalmente por sistemas de canales que permiten recoger con facilidad las aguas de lavado de piso e instalaciones, favoreciéndose así su propia limpieza.

En la planta industrial de referencia existe un canal colector general de los desagües que recibe las descargas provenientes del transporte, lavado de fruta y de las prensas de cinta y rodillo. Además, un canal secundario recoge los efluentes restantes (lavado de los tanques de clarificación, filtros de tierras de diatomeas y placas de celulosa, descargas de centrifugado, descargas discontinuas de las prensas hidráulicas, lavados de piletas de almacenamiento de jugos) para conducirlos al canal colector general.

Determinación primaria de las características contaminantes de los efluentes.

El estudio de las distintas secuencias del proceso industrial y el análisis de la distribución del uso del agua en el mismo permiten determinar, cualitativamente, las características contaminantes de los efluentes, ya sea en cuanto a sus calidades (presencia de materia orgánica suspendida o disuelta, materia inorgánica, etc.) o sus cantidades (caudales). En la Tabla 1 se resumen tales características para la planta industrial de referencia.

Además, en la Tabla 2 se indican los productos químicos e insumos afectados a cada secuencia productiva, a los lavados de equipos e instalaciones y a la frecuencia de su realización.

TABLA 1 - CARACTERISTICAS CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES

N° DE OPERACION	REGIMEN DE CAUDAL		CARACTERISTICAS DEL CAUDAL	CARACTERISTICAS DEL CONTENIDO DEL EFLUENTE
	Continuo	Discontinuo		
1. Transporte hidráulico y molienda	50-80m ³ /h			Contiene piel, pulpa y jugo diluido de fruta, pedúnculo, tierra y materia orgánica en descomposición.
2. Descargas de prensas hidráulicas		20-30m ³ /h	La descarga y el lavado de la prensa dura aprox. 10 minutos.	Trozos de fruta prensada y jugo diluido de fruta.
3. Prensas a cintas	10-12m ³ /h			Trozos de fruta prensada y jugo diluido de fruta
4. Descarga de centrífuga	3-4m ³ /h			Borras de clarificación, gel, bentonita y pectina degradada.
5. Agua de escurrido de prensas hidráulicas y otras operaciones de lavado imprevistas	1-1,5m ³ /h			Aceltes y grasas
6. Descargas de agua del preconcentrador		15-20m ³ /h		Temperatura aproximada 30-45 °C
7. Agua de lavado del filtro prensa.		4,5 m ³ /h	El lavado se efectúa con manguera y dura de 30 a 45 min por lavado	Tierras de diatomeas y fibras de manzana. Por descarga se vuelcan 15 kg de tierras y 785 kg de fibra de fruta aproximadamente. De estos 800 kg, el 10% va al desagüe.
8. Agua de lavado del filtro de tierras de diatomeas		5 m ³ /h	Descarga inicial instantánea: 1 m ³ /h. Luego se hace circular agua para lavado durante 15 min. por lavado. Esta operación se realiza de 2 a 4 veces por día y por filtro.	Tierras de diatomeas y sólidos insolubles de manzana,
9. Agua de lavado del filtro de placas de celulosa		12 m ³ /h	Este lavado dura 5 min. y se repite en el día en función de las necesidades.	Sólidos insolubles de pequeño diámetro y microorganismos.
10. Agua de reposición de caldera para comedor, oficinas, laboratorio, vestuarios y sanitarios.		1 m ³ /h	El agua condensada de caldera se recircula. El resto es enviado a pózo negro.	

TABLA 1 - CARACTERISTICAS CONTAMINANTES DE LOS EFLUENTES

(Continuación)

N° DE OPERACION	REGIMEN DE CAUDAL		CARACTERISTICAS DEL CAUDAL	CARACTERISTICAS DEL CONTENIDO DEL EFLUENTE
	Continuo	Discontinuo		
11. Lavado de piletas de almacenamiento de jugo de manzana natural y sulfitado		Función del tipo de manguera utilizada	Se emplean 10 m ³ por lavado y por piletas. Se descarga a canal de drenaje por salida secundaria.	Fibras y borras de manzana.
12. Descarga por salida secundaria		Función de la necesidad de agua en lagares o purga del sistema de recirculación del concentrado	Cuando se deriva, según las necesidades, del circuito de recirculación, se lo hace en el 10% del caudal empleado en la columna barométrica del concentrador. También se descarga por esa vía el agua de lavado de las piletas de almacenamiento de jugo natural o sulfitado	Purga de agua de la columna barométrica: elevación de temperatura de 30 a 40 °C. Descargas del lavado de piletas de almacenamiento: fibras y borras de manzana.
13. Agua de columna de vacío de concentradores	100m ³ /h		Se recircula del 90 al 100% de estas aguas	Elevación de temperatura a 40 °C
14. Agua de condensadores del recuperador de aromas y pre concentrador de cuatro efectos verticales.	100m ³ /h		Se recircula el 100% del agua empleada	Elevación de temperatura a 30-45 °C
15. Enfriador de placas	20 m ³ /h		Se recircula el 100% del agua empleada	Elevación de la temperatura a 35-40 °C.
16. Condensador de amoníaco	20 m ³ /h		Se recircula el 100% del agua empleada	Elevación de la temperatura a 35-40 °C.

TABLA 2 - PRODUCTOS QUÍMICOS E INSUMOS

Equipos	Producto químico e insumos	Empleo	Frecuencia	Cantidad
Tanques de tratamiento enzimático	Amilasa Pectinasa	Hidrólisis del almidón a azúcar y degradación de pectina	1 dosis por volumen a tratar, de cada enzima	Amilasa, 64 cm ³ /m ³ ; Pectinasa, 16 g/m ³
Tanques de clarificación	Gelatina Bentonita	Clarificación	Gelatina, $4,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3 \text{ sol}}{\text{m}^3 \text{ jugo}}$	Gelatina, sol. al 2,5%; bentonita, sol. al 7,5%
Filtro-prensa	Tierra de diatomeas	Medio de filtración	2 veces por día	15 kg por carga
Filtro de tierras de diatomeas	Tierra de diatomeas	Medio de filtración	De 2 a 4 veces por día	50 kg por carga
Prensas	Hidróxido de sodio	Lavado químico	2 veces por semana	25 kg/lavado
Preconcentrador	Hidróxido de sodio	Lavado químico	3 veces por semana	50 kg/lavado
Concentrador	Hidróxido de sodio	Lavado químico	2 veces por semana	50 kg/lavado
Tanques de tratamiento y limpieza general	Hipoclorito de sodio 8%-10% de cloro activo	Lavado químico	1 vez por semana	0,06 m ³ /lavado
Equipos tratados previamente con hidróxido de sodio puro	Acido nítrico diluido al 1,5%; ácidos fosfóricos diluidos, etcétera	Neutralización	Semanalmente	0,15 m ³ /semana
Equipos, cañerías, sección de envasado	Soluciones iodóforas con el 9 al 12% de todo libre	Desinfección	Semanalmente	0,02 m ³ /semana. Se dosa en exceso.

CARACTERIZACION DEL EFLUENTE INDUSTRIAL

Objetivos

- Determinar la carga contaminante (calidad y cantidad) de los afluentes de la industria con el objeto de evaluar la eficiencia requerida para el sistema de depuración o tratamiento necesario para adecuarlos a las normas de volcamiento que les son aplicables.
- Determinar los parámetros característicos del efluente, que sin ser considerados contaminantes por las reglamentaciones vigentes son importantes para el diseño y operación de una planta de tratamiento.
- Cuantificar pérdidas eventuales de materias primas.

Aforo o medición de caudales

Concepto

La medición de caudales se realiza de acuerdo con la siguiente secuencia:

- Selección del método de aforo más adecuado. En este caso se consideran los siguientes factores:
 - Tipo de conducción del efluente: cañería a presión, canal, etc.
 - Accesibilidad a los elementos constituyentes de las líneas de conducción del efluente: cámaras de inspección, tramos rectos, finales de cañerías, etc.
 - Valores estimados del caudal a medir.
 - Exactitud y precisión deseadas.
 - Pérdida de carga disponible en la conducción.
 - Costo de instalación y servicio del elemento aforador.
 - Característica del agua residual: presencia de sólidos suspendidos, pH, etc.
- Diseño, construcción y puesta en marcha del sistema de aforo seleccionado.
- Ejecución de las mediciones de caudal.
- Evaluación de los resultados: determinación de los valores máximo, mínimo y medio de caudal y su grado de variabilidad, así como su correlación con las actividades productivas.

A continuación se resumen algunas propiedades de los sistemas de aforo más utilizados.

SISTEMA DE AFORO	APLICACION	COSTO	EXACTITUD	USO
Contador de agua	Amplia	Medio	Excelente	Tuberías
Tiempo de llenado de un recipiente	Caudales pequeños	Bajo	Excelente	Final de tuberías
Curva característica de la bomba	Amplia	Bajo	Buena	Final de tuberías
Medición de la velocidad por flotante	Caudales medios	Bajo	Regular	Canales
Agregado de colorantes o productos químicos	Caudales medios	Bajo	Regular	Tuberías y canales
Vertedero	Amplia	Medio	Buena	Canales
Canaletas de resalto	Amplia	Alto	Buena	Canales
Placa-orificio	Amplia	Alto	Buena	Tuberías
Venturi	Amplia	Alto	Buena	Tuberías
Magnético	Amplia	Alto	Buena	Tuberías
Tubo Pitot	Caudales medios	Medio	Buena	Tuberías
Rotámetro	Caudales medios	Medio	Excelente	Tuberías

Determinación de caudales

En el caso que nos ocupa, luego de considerar todos los factores antedichos, se adoptaron los siguientes sistemas de aforo:

- a) para el efluente total de la planta: vertedero triangular de 90° sobre el canal final de descarga.
- b) para el efluente parcial constituido por los lavados y descargas de clarificador, centrífuga, filtros y prensas discontinuas: vertedero triangular de 30° sobre el canal colector correspondiente (canal secundario).
- c) para el efluente de las prensas continuas: determinación del caudal del agua bombeada hacia ellas;
- d) otros lavados: determinación del caudal del agua de mangueras, relacionando volúmenes conocidos de recipientes con tiempo de llenado.

En la Tabla 4 se indican los valores de los caudales de efluentes originados en cada proceso y operación de fabricación durante una jornada productiva (24 horas).

Asimismo, en el Gráfico 1 se representan los valores del caudal del efluente total del establecimiento, y se indica el valor medio correspondiente.

Calidad de los efluentes

Concepto

La calidad de un efluente queda definida por los valores de determinados parámetros físico-químicos y bioquímicos establecidos fundamentalmente para evaluar su carga contaminante. Se requiere la utilización de técnicas analíticas de laboratorio aplicables en muestras representativas del efluente en cuestión.

Toma de muestras

Para que las muestras sean fielmente representativas de las características del efluente, hay que considerar los siguientes factores: [1] - [2]

a) Sitio de extracción:

- La toma de muestras debe efectuarse en aquellas zonas de la conducción del desagüe donde exista una agitación relativamente intensa del líquido, evitando así las zonas de baja velocidad de escurrimiento, donde tienden a depositarse o flotar parte de los sólidos suspendidos presentes.
- Es conveniente elegir sitios de extracción de fácil acceso, especialmente en los casos en que la operación se efectúe en forma manual y se requiera previamente la lectura de caudales.

b) Técnica de toma de muestras:

- La técnica a utilizar en la toma de muestras es función de las características del efluente, de los parámetros a medir en él y del tipo de información que se desea registrar. Esta operación puede hacerse en forma manual o mediante el uso de equipos automáticos.

b.1) Muestra aislada o instantánea

Es la muestra tomada en un instante determinado. Esta técnica se utiliza para evaluar la calidad de un desagüe en los siguientes casos:

- Efluentes constituidos por descargas bruscas e intermitentes
- Efluentes de concentración contaminante muy poco variable.
- Efluente de máxima calidad contaminante.
- Medición de parámetros contaminantes cuyo valor es importante conocer en cada instante, ya que al variar entre valores extremos pueden compensarse sus picos en un período determinado. Ejemplo: pH, temperatura.

b.2) Muestra compuesta:

Es la muestra del efluente constituida por la suma de muestras instantáneas, tomadas continuamente a lo largo de un período determinado, en fracciones de volúmenes

TABLA 4 - RELACION ENTRE CAUDALES Y OPERACIONES O PROCESOS.

Hora de operación	Hora 00	Hora 01	Hora 02	Hora 03	Hora 04	Hora 05	Hora 06	Hora 07	Hora 08	Hora 09	Hora 10	Hora 11	Hora 12
Operación													
Transporte Hidráulico	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70
*Descargas de prensas hidráulicas		26			26		26		26		26		26
Prensa de cinta y rodillo	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Descarga centrífuga	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Agua de escurrido de prensas hidráulicas y lavados imprevistos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
*Descarga de agua del preconcentrador													
*Agua de lavado del filtro prensa													4,5
*Agua de lavado del filtro de tierras diatomas						5							5
*Agua del lavado del filtro de placas de celulosa													
TOTAL CONSUMIDO	79,9	79,9	105,9	79,9	105,9	84,9	105,9	79,9	105,9	79,9	105,9	79,9	115,4

*NOTA: La duración de estas descargas discontinuas se indican en la TABLA 1. Los valores Indicados son en m³/h

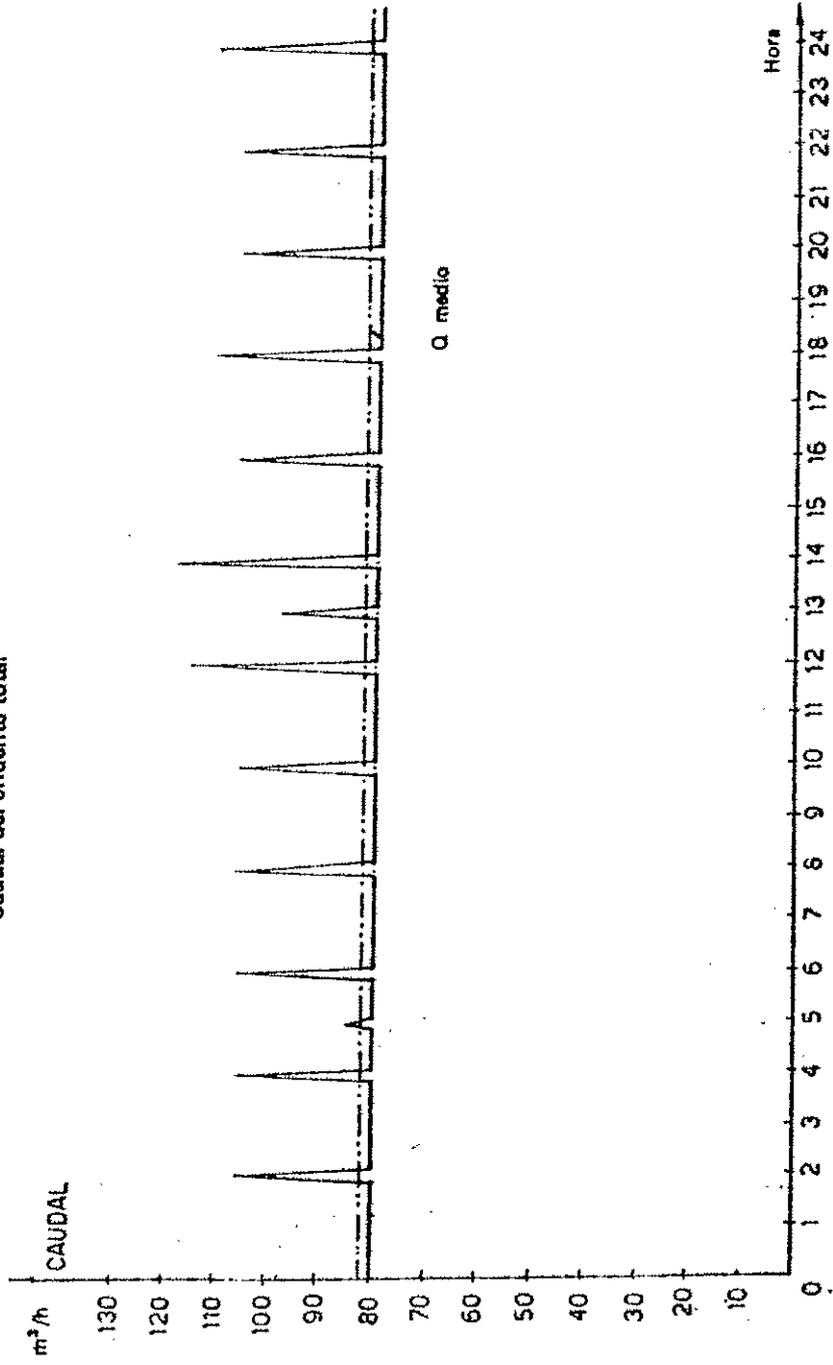
TABLA 4 - RELACION ENTRE CAUDALES Y OPERACIONES O PROCESOS (Continuación)

Hora de operación	Hora 13	Hora 14	Hora 15	Hora 16	Hora 17	Hora 18	Hora 19	Hora 20	Hora 21	Hora 22	Hora 23	Hora 24
Operación												
Transporte Hidráulico	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70	64,70
*Descargas de prensas hidráulicas		26		26		26		26		26		26
Prensa de cinta y rodillo	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Descarga centrífuga	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Agua de escurrido de prensas hidráulicas y lavados imprevistos	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
*Descarga de agua del preconcentrador	17,5											
*Agua de lavado del filtro prensa												4,5
*Agua de lavado del filtro de tierras diatómeas						5						
*Agua de lavado del filtro de placas de celulosa		12										
TOTAL CONSUMIDO	97,4	117,9	79,9	105,9	79,9	110,9	79,9	105,9	79,9	105,9	79,9	110,4

* NOTA: La duración de estas descargas discontinuas se indica en la TABLA 1. Los valores indicados son en m³/h.

GRAFICO 1

Caudal del efluente total



fijos o directamente proporcionales al caudal. Esta técnica se utiliza en los siguientes casos:

- Evaluación de la calidad de un efluente de moderada variabilidad.
- Evaluación de la calidad media de un efluente de marcada variabilidad.

La frecuencia de extracción de cada fracción de la muestra compuesta depende de las variaciones de caudal y calidad del efluente. Cabe consignar que para el diseño de una planta de tratamiento lo ideal sería poseer información sobre los valores que adquieren los parámetros contaminantes en cada instante. En realidad, ello no es posible, fundamentalmente por el gasto que implicaría la toma de muestras y posteriores análisis de laboratorio requeridos. En la práctica, es suficiente con minimizar el número de muestras a analizar mediante la correcta aplicación de la técnica de muestras compuestas.

En el caso que nos ocupa se tomaron muestras del siguiente modo, una vez evaluados los factores antedichos:

a) Muestras instantáneas:

- Descarga de prensa hidráulica.
- Lavado de filtros prensa.
- Lavado de filtros de tierras de diatomeas.
- Lavado de tanques de clarificación.

b) Muestras compuestas (proporcionales al caudal):

- Efluente total:
 - En el canal colector general de efluentes
- Efluentes parciales:
 - Descarga de prensa continua.
 - Descarga de centrifugas
 - Agua de lubricación de prensas discontinuas.
- En el canal colector secundario:
 - Descargas provenientes del transporte hidráulico de fruta y prensa continua. [1] [2] [3]

Parámetros contaminantes

En cada una de las muestras se determinaron los siguientes parámetros: pH, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno, 5 días a 20 °C (DBO₅) aóli dos sedimentables en 2 horas, sólidos totales (fijos y volátiles), sólidos suspendidos (fijos y volátiles).

En la Tabla 5 se indican los valores obtenidos en cada caso.

Cabe hacer los siguientes comentarios:

- El pH relativamente ácido de los efluentes de lavado de filtros prensa y filtros de tierras de diatomeas es atribuible a la naturaleza ácida de los restos de manzana, presentes en aquéllos en una cantidad relativamente elevada. Este último hecho explica, asimismo, el valor alto de la DBO de tales efluentes.
- Los parámetros objetables, desde el punto de vista de la contaminación del curso receptor de la descarga total del establecimiento, son la DBO (o DQO) y el contenido de sólidos suspendidos de la misma.
- La relación encontrada entre el tenor de sólidos totales orgánicos y el de sólidos suspendidos orgánicos permite inferir que existe un alto porcentaje de materia orgánica en estado disuelto y coloidal.
- La carga contaminante del efluente total del establecimiento referida a una jornada productiva continua de 24 horas, durante la cual se procesan 4 400 kg de manzanas por hora para producir 0,36 m³ de jugo concentrado por hora, es:

a) Expresada en DBO:

$$1) \text{ kg DBO/día} = \text{DBO kg/m}^3 \times \text{caudal m}^3/\text{día} = (1\ 230) (82) (24) = 2\ 421 \text{ kg DBO/día}$$

TABLA 5 - CARACTERIZACION DE LOS EFLUENTES

Efluente Parámetro	Descarga de centrífuga (1)	Lubric. prensa y lavados (2)	Descarga prensa hidráulica (3)	Lavado filtro prensa (4)	Lavado filtro de tierras (5)	Lavado tanques clarificación (6)	Canal secundario 1+2+3+4+5+6=(7)	Transp. hidráulico + lavado prensas (8)	Canal general 7+8=(9)
Temp. °C	22	22	22	20	20	20	22	22	22
pH	6,6	7,7	6,7	4,4	3,9	6,9	6,0	6,9	6,4
DQO g/m³	4980	147	1520	>10000	>10000	1460	5220	1360	2060
Sól. sedim. (2 hs) dm³/m³	99	2,5	110	300	2,2	0,2	28	6,0	20
DBO₅ g/m³	3520	88	1070	>10000	>10000	832	4100	990	1230
Sólidos totales g/m³	8210	1060	2140	22700	27600	1800	8170	2170	2580
Tot. fijos g/m³	2590	650	630	6400	6400	600	3020	710	730
Tot. volát. g/m³	6520	410	1510	16300	21200	1200	5150	1460	1850
Sol. susp. tot. g/m³	3310	24	1000	4740	136	9	3100	240	430
Sol. susp. fijos g/m³	1640	12	100	3260	39	6	2100	30	220
Sol. susp. volát. g/m³	1670	12	900	1480	97	3	1000	210	210
Q(inst.) m³/h	--	--	26	4,5	5,0	2	--	--	--
Q(medio) m³/h	3,20	1,00	1,18	0,38	0,25	0,33	6,30	75,70	82,00

$$2) \text{ g DBO/kg manzana procesada} = \frac{\text{g DBO/día}}{\text{kg manzana/día}} = 2\,421\,000/(4\,400) (24) = \\ = 23 \text{ g DBO/kg manzana.}$$

$$3) \text{ kg/DBO/m}^3 \text{ jugo elaborado} = \frac{\text{kg DBO/día}}{\text{m}^3 \text{ jugo/día}} = 2\,421/(0,36) (24) = 276 \text{ kg DBO/m jugo}$$

b) Expresada en sólidos suspendidos (SS):

$$1) \text{ kg SS/día} = \text{SS kg/m}^3 \times \text{caudal m}^3/\text{día} = (0,33) (82) (24) = 650 \text{ kg SS/día}$$

$$2) \text{ g SS/kg manzana} = \frac{\text{g SS/día}}{\text{kg manzana/día}} = 650\,000/(4\,400) (24) = 6,2 \text{ g SS/kg manzana}$$

$$3) \text{ kg SS/m}^3 \text{ jugo elaborado} = \frac{\text{kg SS/día}}{\text{m}^3 \text{ jugo/día}} = 650/(0,36) (24) = 74 \text{ kg SS/m}^3 \text{ jugo}$$

c) Los caudales específicos del efluente son:

1) Por kg de manzana:

$$\frac{\text{caudal m}^3/\text{h}}{\text{kg manzana/h}} = 82/4\,400 = 0,019 \text{ m}^3/\text{kg manzana}$$

2) Por metro cúbico de jugo elaborado:

$$\text{caudal/m}^3 \text{ jugo} = 82/0,36 = 224 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ jugo}$$

TECNOLOGIAS MENOS CONTAMINANTES

Objetivos

Antes de enfocar el tratamiento o la depuración de los efluentes deben analizarse exhaustivamente dos aspectos que si bien pueden estar interrelacionados deben ser tratados en forma independiente. Nos referimos a la optimización en el uso del recurso escaso de agua y a la reducción de la carga contaminante originada en el proceso.

Además, este análisis procura obtener unidades de depuración de menor tamaño con los consiguientes ahorros en costos de construcción y operación.

Técnicas disponibles.

Se enumeran a continuación las técnicas habituales que apuntan a la reducción de la carga contaminante.

- a) Disminución de las pérdidas de materia prima y/o productos en las diferentes etapas del proceso industrial, incluyendo la prevención de descargas accidentales y/o colección de los desechos asociados a ellas.
- b) Reemplazo de productos por otros que aporten menor carga contaminante al efluente o de más fácil disposición o depuración.
- c) Reducción de la cantidad de agua consumida, mediante la racionalización de su uso y la implementación de su reutilización.
- d) Obtención eventual de subproductos o recuperación de materias primas.
- e) Cambio total en la tecnología del proceso productivo mediante su reemplazo por sistemas no contaminantes o poco contaminantes.

Técnicas implementadas

En el establecimiento industrial de referencia se han implementado las siguientes medidas que hacen al uso de tecnologías menos contaminantes:

- a) reutilización de aguas de proceso:

La planta estudiada utiliza un caudal de agua del orden de 325 m³/h, del cual el 75 % corresponde al uso en enfriamiento de equipos y en sistemas de vacío de preconcentradores y concentradores.

Este caudal (245 m³/h) es recirculado previo pasaje por torres de enfriamiento, lo cual implica una economía importante en el uso de agua. Por lo tanto, sólo el 25 % restante es evacuado como efluente. Cabe aclarar que en el sistema de recirculación se repone alrededor de un 5 % del caudal total utilizado, para compensar pérdidas por evaporación, purgas y arrastres.

- b) retiro en seco de residuos sólidos:

El residuo sólido de prensas (orujo) es eliminado por vía seca, siendo posteriormente utilizado en la zona como alimento para ganado y material de relleno.

- c) El agregado de reactivos en la fase de clarificación del jugo ha sido optimizado, no sólo por su costo sino también por la disminución de calidad en el producto final que origina una dosis defectuosa o excesiva. Cabe aclarar que una cantidad en exceso de reactivos se traduce en el efluente en una mayor carga contaminante, tanto en concentración (presencia de dichos productos) como en caudal (mayores volúmenes de agua requeridos para el lavado del equipo).

Técnicas a implementar

- a) la descarga continua de las centrifugas horizontales contienen elevadas cantidades de sólidos suspendidos y DEO, de acuerdo con lo demostrado al caracterizar el efluente; el 12 % del contenido de sólidos totales volátiles del desagüe general del establecimiento es aportado por dicha descarga. Experiencias realizadas en la planta han demostrado que es posible mezclar este efluente parcial con el residuo sólido de las prensas (orujo) eliminándose ambos así del establecimiento, por vía seca, para darle el destino ya señalado.
- b) el lavado de los filtros de placas y tierra de diatomeas constituye un desagüe de bajo caudal y elevado contenido de sólidos suspendidos de alta velocidad de sedimentación. Por lo tanto, es posible, de acuerdo con experiencias realizadas, eliminarlos en un equipo desarenador construido en los canales que reciben tales descargas.

CARACTERIZACION FINAL DEL EFLUENTE

Una vez implementadas en el establecimiento las técnicas de reutilización de agua y reducción de carga contaminante ya mencionadas, es necesario realizar una nueva caracterización del efluente total a efectos de obtener los valores definitivos de los parámetros contaminantes que permitan encarar el tratamiento o depuración del desagüe (Tabla 6)

TABLA 6
CARACTERIZACION FINAL DEL EFLUENTE

Temp. (°C)	22
pH	6,4
DBO ₅ (g/m ³)	1150
Sólidos totales (g./m ³)	2380
Sólidos totales fijos (g./m ³)	730
Sólidos totales volátiles (g./m ³)	1650
Sólidos suspendidos totales (g./m ³)	250
Caudal (m ³ /h)	79

En la Tabla 7 se dan los valores de las cargas contaminantes resultantes, antes y después de la aplicación de las medidas que hacen al empleo de tecnologías menos contaminantes mencionadas precedentemente (Técnicas implantadas).

TABLA 7
CARGA CONTAMINANTE FINAL DEL EFLUENTE

CARGA CONTAMINANTE	SIN TECNOLOGIAS MENOS CONTAMINANTES	CON TECNOLOGIAS MENOS CONTAMINANTES	PORCENTAJE DE REDUCCION
<u>kg DBO</u> Día	2421	2180	10 %
<u>kg Sol. susp. totales</u> Día	650	274	27 %

TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES

Introducción

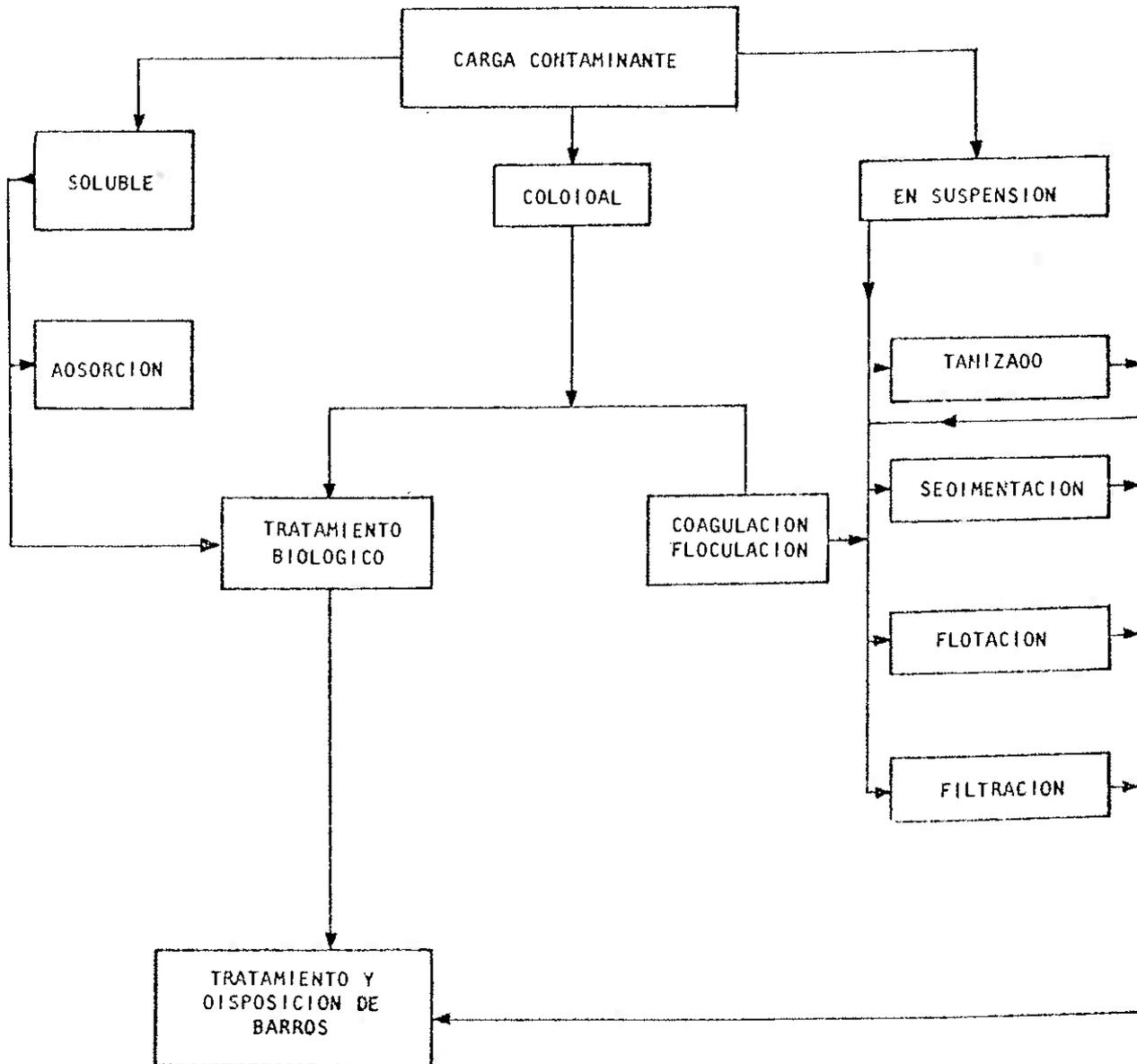
Una vez determinada la carga contaminante del efluente, es necesario definir cuáles serán las etapas de depuración que constituirán la planta de tratamiento correspondiente.

El monto del capital a invertir en su construcción, e incluso los posteriores costos de operación y mantenimiento hacen necesario optimizar su diseño. Por lo tanto, se justifica plenamente la realización de estudios en escala de laboratorio y/o piloto, para evaluar la aplicabilidad de cada proceso y operación de tratamiento y obtener los parámetros de diseño de las unidades que constituirán la planta de depuración real.

Estudios previos

Estos estudios tienen por objeto determinar cuáles son los procesos y operaciones que, desde el punto de vista técnico-económico, resultan a priori adecuados para lograr la depuración del efluente. En el Diagrama 2 se resumen dichas etapas, aplicables a la remoción de contaminantes en los efluentes de la industria juguera.

DIAGRAMA 2



Ensayos de tratabilidad

Los ensayos de tratabilidad se efectúan en plantas de laboratorio constituidas por equipos de tamaño reducido, que permiten:

- a) Determinar si el efluente es tratable por las operaciones y procesos propuestos, evaluando su grado de eficiencia.
- b) Obtener datos para el diseño de instalaciones en escala piloto y/o industrial.

A continuación se describen los fundamentos y técnicas de algunos ensayos de tratabilidad así como los resultados obtenidos en sus aplicaciones concretas al tratamiento del efluente final del establecimiento objeto del presente estudio, cuyas características están indicadas en la Tabla 6.

Tamizado

a) Fundamentos.

Esta operación permite separar sólidos suspendidos gruesos del efluente. La eficiencia de este sistema está relacionada con la naturaleza de las partículas y el tamaño de malla del tamiz.

El parámetro fundamental que interviene en esta operación es la abertura de malla; generalmente se utiliza para los efluentes jugeros un paso de 0,5-1,0 mm.

b) Objetivo.

Es el siguiente: determinar la eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos en función del tamaño de malla.

c) Equipo requerido.

El equipo utilizado en este ensayo consiste en una serie de tamices fijos de diversas aberturas de malla, variables entre 0,5 y 2 mm.

d) Desarrollo del ensayo y análisis de los resultados.

El efluente fue tratado en cada uno de los tamices mencionados evaluándose en cada caso el porcentaje de sólidos suspendidos removidos.

Pudo apreciarse que aberturas inferiores a 1 mm no aumentaban la eficiencia del sistema.

En la Tabla 8 se indican los resultados obtenidos.

TABLA 8
ENSAYO DE TRATABILIDAD: TAMIZADO

	Efluente Bruto	Efluente tamizado (Malla 1 mm)	Porcentaje Reducción
Sólidos Susp. Totales (g/m ³)	250	160	36 %
DBO (g/m ³)	1150	1100	4 %

Sedimentación

a) Fundamentos

Es la separación de los sólidos suspendidos del efluente por la única acción de la gravedad.

Los factores que afectan a esta operación son:

- Tamaño, forma y densidad de las partículas suspendidas.
- Viscosidad y densidad del medio líquido (agua)

Los parámetros que intervienen y que deben determinarse para poder diseñar los equipos de sedimentación son:

- Permanencia
- Carga superficial

b) Objetivos

Son los siguientes:

- Determinar la factibilidad técnica para la remoción de sólidos suspendidos del efluente.
- Determinar los parámetros de diseño, con el objeto de proyectar una planta piloto y/o real: permanencia, carga superficial.

c) Equipo requerido

El equipo utilizado en este ensayo es una columna de sedimentación cuyas características se indican en la Fotografía 12, siendo sus dimensiones las siguientes:

- Diámetro interno: 0,22 m
- Altura: 2,50 m

d) Desarrollo del ensayo

Consiste en determinar la concentración de sólidos suspendidos para diversas profundidades y tiempos de sedimentación, partiendo de una distribución uniforme de aquéllos en toda la columna a tiempo cero, lo cual se logró mediante la recirculación del líquido con una bomba. El ensayo se realizó sobre el efluente previamente tamizado. Los resultados obtenidos figuran en la Tabla 9.

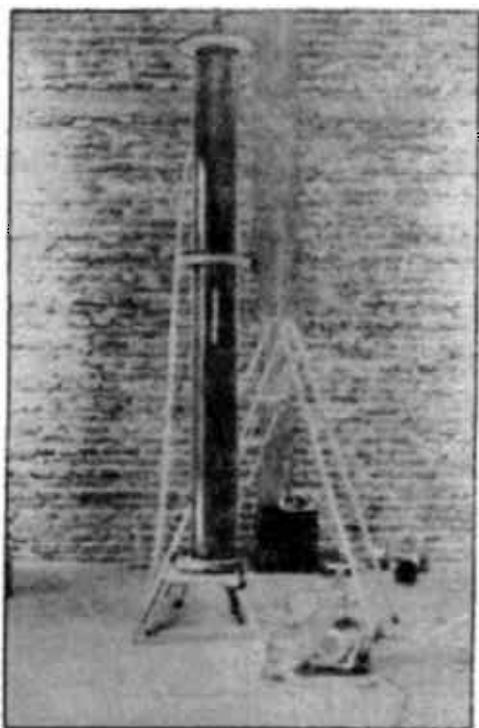


TABLA 9

ENSAYO DE TRATABILIDAD: SEDIMENTACION

TIEMPO DE SEDIMENTACION (min)	PROFUNDIDAD DE LA COLUMNA		
	1,7 m	1,1 m	0,5 m
0	160	160	160
2	163	110	100
6	161	141	96
12	138	143	125
26	107	155	---
39	126	103	116
51	127	132	130

Nota: Los valores son en g/m^3

e) Análisis de los resultados

Puede deducirse que este tratamiento no es eficiente para obtener una remoción significativa en los sólidos suspendidos del efluente, dada su naturaleza coloidal o finamente dividida o su densidad próxima a la del agua.

Flotación por disolución de aire

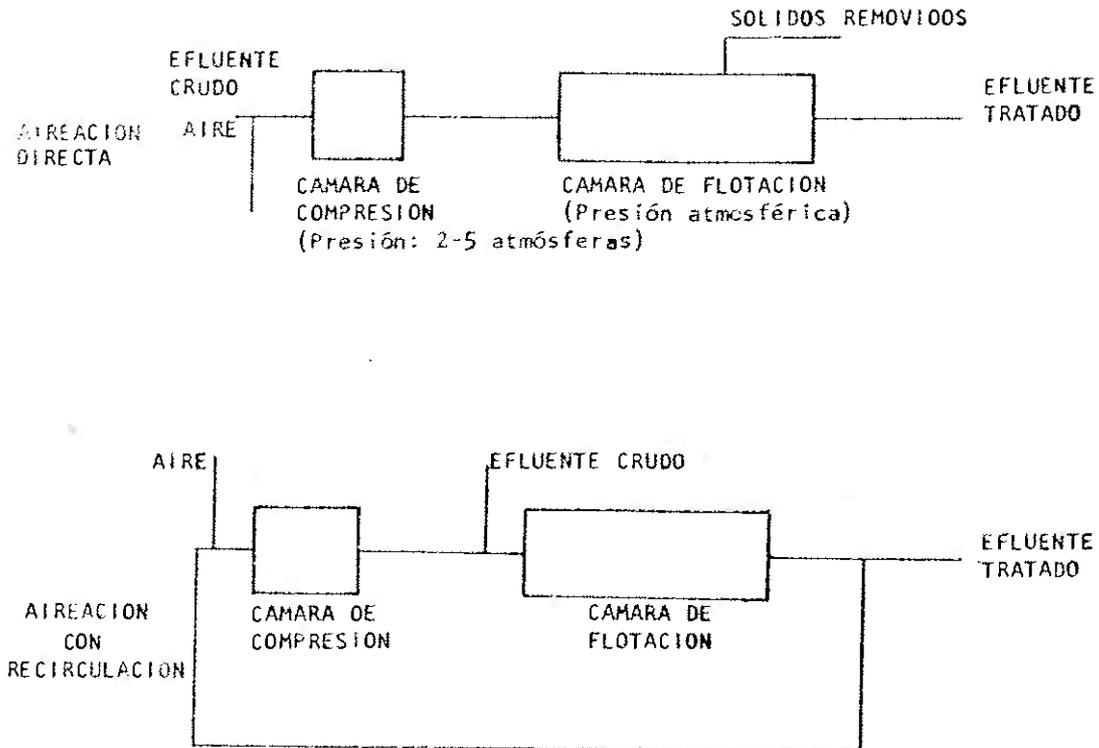
a) Fundamentos

Este sistema de separación de sólidos suspendidos se basa en la formación de agregados de partículas sólido-aire que al tener menor densidad que la fase líquida ascienden hasta la interfase líquido-atmósfera, siendo entonces removidos del sistema.

Esta operación se desarrolla en dos etapas sucesivas:

- Disolución de aire a presión en el efluente.
- Disminución de la presión aplicada hasta alcanzar la atmosférica. Generalmente se trabaja con dos técnicas alternativas, según se indica en el Diagrama 3.

DIAGRAMA 3 - ENSAYO DE TRATABILIDAD - FLOTACION



- Aireación directa: la sobrepresión se aplica al efluente a tratar.
- Aireación con recirculación: la sobrepresión se aplica al efluente tratado.

Los parámetros de diseño son los siguientes:

- Permanencia en la cámara de flotación.
- Presión de trabajo
- Relación de recirculación, medida por el cociente entre el caudal del efluente tratado en sobrepresión y el caudal del efluente a tratar.

La eficiencia de la operación se determina en función de los requerimientos del aire (3):

- Aireación directa: $A/S = 1,3 Sa (fP-1)/C$
- Aireación con recirculación: $A/S = 1,3 Sa (fP-1) R/QC$

A = cantidad de aire liberado en la cámara de flotación (kg)

S = contenido de sólidos suspendidos en el efluente a tratar (kg)

- Sa = solubilidad del aire en agua a presión atmosférica (cm^3/dm^3)
- f = fracción de aire disuelto a la presión de trabajo o eficiencia de sobrepresión. Varía entre 0,5 y 1.
- P = presión de trabajo / presión atmosférica (atm/atm)
- C = concentración de sólidos suspendidos en el efluente a tratar. (g/m^3)
- R = caudal o volumen en sobrepresión (m^3/h o m^3)
- Q = caudal o volumen del efluente a tratar (m^3/h o m^3)
- 1,3 = densidad del aire (g/dm^3)

b) Objetivos:

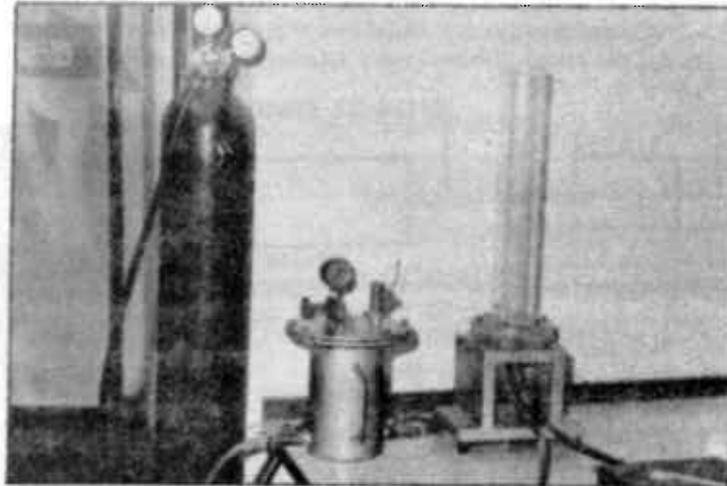
Son los siguientes:

- Determinar la factibilidad técnica para la remoción de sólidos suspendidos del efluente.
- Determinar los parámetros de diseño de una planta en escala piloto y/o real: permanencia, presión de trabajo, relación de recirculación.

c) Equipo requerido

El equipo utilizado en este ensayo se indica en la Fotografía 13.

El volumen de la cámara de sobrepresión es de $3,5 \text{ dm}^3$ y el de la de flotación de 3 dm^3



d) Desarrollo del ensayo

Como las variables en juego son tres, se suele fijar el valor de la permanencia en la cámara de flotación en función de algún estudio previo, y se analizan los efectos de las restantes (presión de trabajo, relación de recirculación).

Es importante realizar los diferentes ensayos a la temperatura real del efluente, ya que este parámetro tiene influencia en la viscosidad del líquido y en la solubilidad del aire en él.

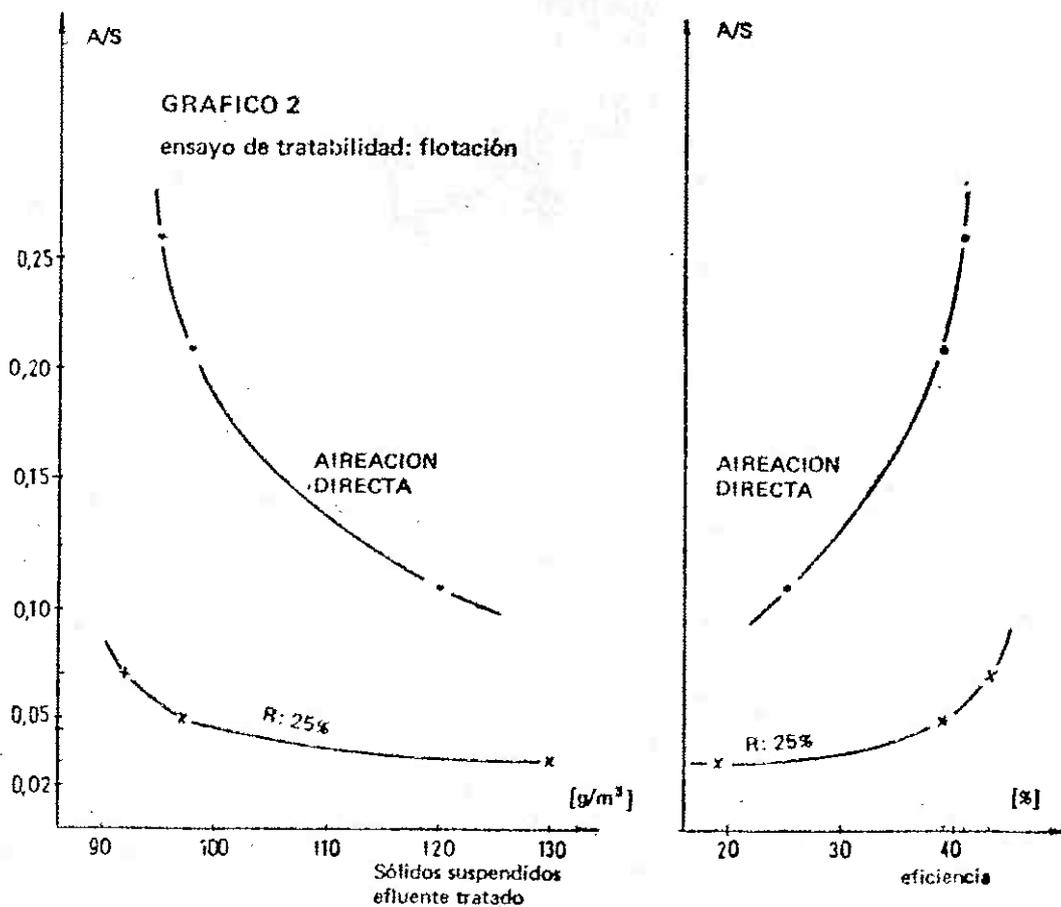
En el caso que nos ocupa, las experiencias se llevaron a cabo utilizando muestras del efluente total de la planta productiva previamente tamizado.

En la Tabla 10 se vuelcan los resultados obtenidos. Por razones prácticas, y a modo de ejemplo, se trabajó con una única relación de recirculación.

TABLA 10
 ENSAYO DE TRATABILIDAD: FLOTACION

CORRIDA	PERMANENCIA EN CAMARA DE FLOTACION	PRESION DE TRABAJO	RELACION DE RECIRCULACION	SOLIDOS SUSPENDIDOS			A/S
				LIQUIDO BRUTO	LIQUIDO TRATADO	% REMOCION	
	min	ata	--	g/m ³	g/m ³	--	--
1	10	2,5	--	160	120	25	0,113
2	10	3,4	--	160	98	39	0,207
3	10	3,9	--	160	95	41	0,259
4	10	2,5	25 %	160	130	19	0,029
5	10	3,4	25 %	160	97	39	0,052
6	10	3,9	25 %	160	92	43	0,066

En el Gráfico 2 se muestra la eficiencia en remoción de sólidos suspendidos en función de las variables del sistema.



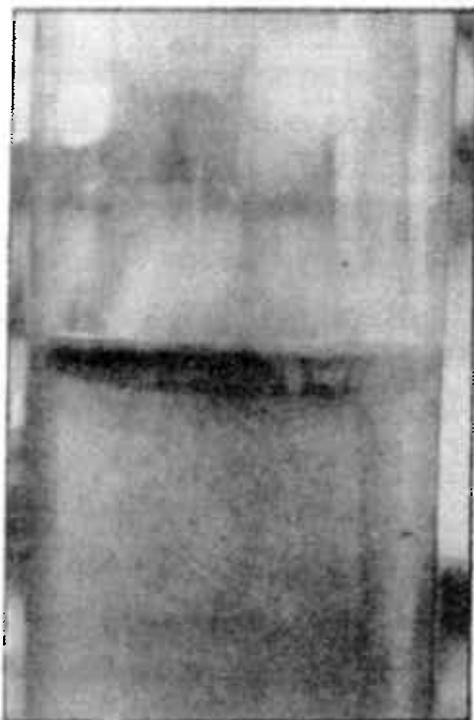
e) Análisis de los resultados

Fijada la permanencia en 10 minutos, en función de estudios previos que indicaron que un valor mayor no implicaba una remoción más eficiente, cabe consignar que:

- Desde el punto de vista de la selección de la presión de trabajo más adecuada, se observa que tanto con aireación directa como con recirculación (25 %), a presiones mayores de 3,4 atmósferas no se obtiene un aumento significativo en la remoción de sólidos suspendidos para variaciones de presión importantes (del orden de 0,5 atmósferas).
- Desde el punto de vista de la selección de alternativas de recirculación del efluente tratado, a la presión elegida ~3,4 atm. la eficiencia es similar.

En la Fotografía 14 se muestra el espesor del volumen flotado de sólidos suspendidos obtenidos en una de las experiencias.

Cabe consignar que por la naturaleza de la materia orgánica contenida en el efluente, en un tratamiento por flotación la remoción de DBO es muy pequeña.



Tratamiento físico-químico (coagulación química)

a) Fundamentos

Este tratamiento se utiliza, fundamentalmente, para la remoción de partículas coloidales. Asimismo, las características de su ejecución permiten la separación de partículas suspendidas de mayor tamaño.

Los coloides poseen cargas eléctricas originadas por la absorción de iones en su superficie, los que crean fuerzas de repulsión entre las partículas evitando su aglomeración y en consecuencia la formación de cuerpos de mayor tamaño separables de la fase líquida por simple sedimentación o flotación.

Como la estabilidad del coloide depende, en primer término, de las fuerzas mencionadas, es necesario neutralizarlas para inducir la floculación o aglomeración de las partículas y su posterior precipitación (o flotación)

La coagulación química consiste en lograr ese efecto mediante el agregado al efluente de productos químicos determinados.

A continuación se indican las etapas sucesivas de este tratamiento:

ETAPA	Fenómeno físico-químico	Fenómeno físico
Dispersión	Coagulación	Mezcla rápida entre coagulante y efluente
Acondicionamiento	Floculación	Mezcla lenta
Sedimentación - Flotación	Separación de fase líquida y sólida	Reposo

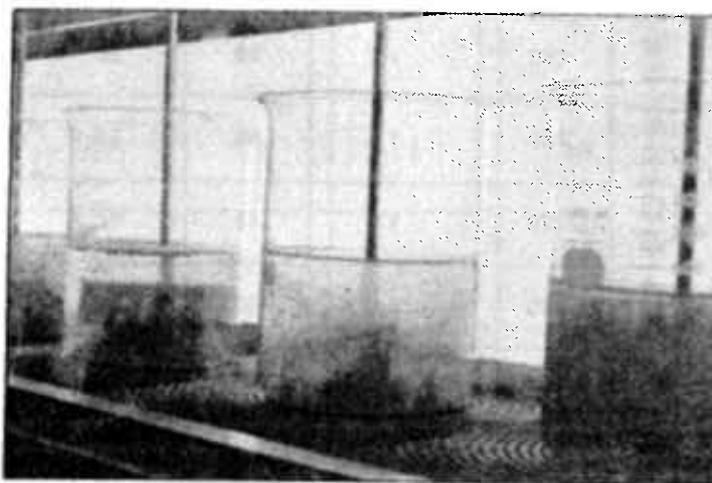
b) Objetivos

Son los siguientes:

- Determinar la factibilidad técnica para lograr la remoción de sólidos suspendidos del efluente.
- Determinar, eventualmente, el grado de remoción de DBO.

c) Equipo requerido

Consta, según se aprecia en la Fotografía 15, de un sistema de agitadores de velocidad variable a voluntad del operador que permite realizar ensayos simultáneos con distintas dosis de coagulantes y floculantes, para iguales intensidades de mezcla y tiempos de contacto.



d) Desarrollo del ensayo

Se llevaron a cabo diversas experiencias:

1. Utilizando sulfato de aluminio como coagulante y cal como alcalinizante.
2. Utilizando sulfato de aluminio como coagulante, un polielectrolito catiónico tipo poliacrilamida como coadyuvante y cal como alcalinizante.
3. Utilizando dicho polielectrolito como coagulante.

En la Tabla II se vuelcan las condiciones de trabajo ensayadas y los resultados obtenidos. La calidad de cada efluente tratado se evaluó en función de la turbiedad remanente en el líquido sedimentado.

TABLA 11 - ENSAYO DE TRATABILIDAD - TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO

Vaso N°	Reactivos	Dosis g/m ³	Dispersión coagulación		Acondicionamiento Floculación		Sedimenta ción	Resultados
			Veloci dad de agita ción rpm	Permanen cia min.	Veloci dad de agita ción rpm	Permanen cia min.	Permanencia min.	
1	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 50	180	1	40	15	20	Bueno
2	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃ Polielec trolito	100 50 3	180	1	40	15	20	Bueno
3	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃ Polielec trolito	100 50 6	180	1	40	15	20	Bueno
4	Polielec trolito	12	180	1	40	15	20	Bueno
5	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃ Polielec trolito	100 100 3	180	1	40	15	20	Bueno
6	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 100	180	1	40	20	20	Regular
7	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 200	180	1	40	20	20	Muy Bueno
8	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	150 200	180	1	40	20	20	Regular
9	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	150 250	180	1	40	20	20	Regular
10	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	200 300	180	1	40	20	20	Regular
11	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	50 100	180	1	40	20	20	Regular
12	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	50 150	180	1	40	20	20	Bueno
13	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	50 200	180	1	40	20	20	Malo
14	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 150	180	1	40	20	20	Muy bueno
15	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 200	180	1	40	20	20	Bueno
16	Ca (OH) ₂ Al ₂ (SO ₄) ₃	100 250	180	1	40	20	20	Malo

Asimismo, se estudió la sedimentabilidad de los flóculos en la columna de sedimentación, utilizando las dosis óptimas de productos químicos obtenidos en la etapa anteriormente citada (200 g/m³ de sulfato de aluminio y 100 g/m³ de hidróxido de calcio).

Los resultados alcanzados se expresaron de la siguiente manera:

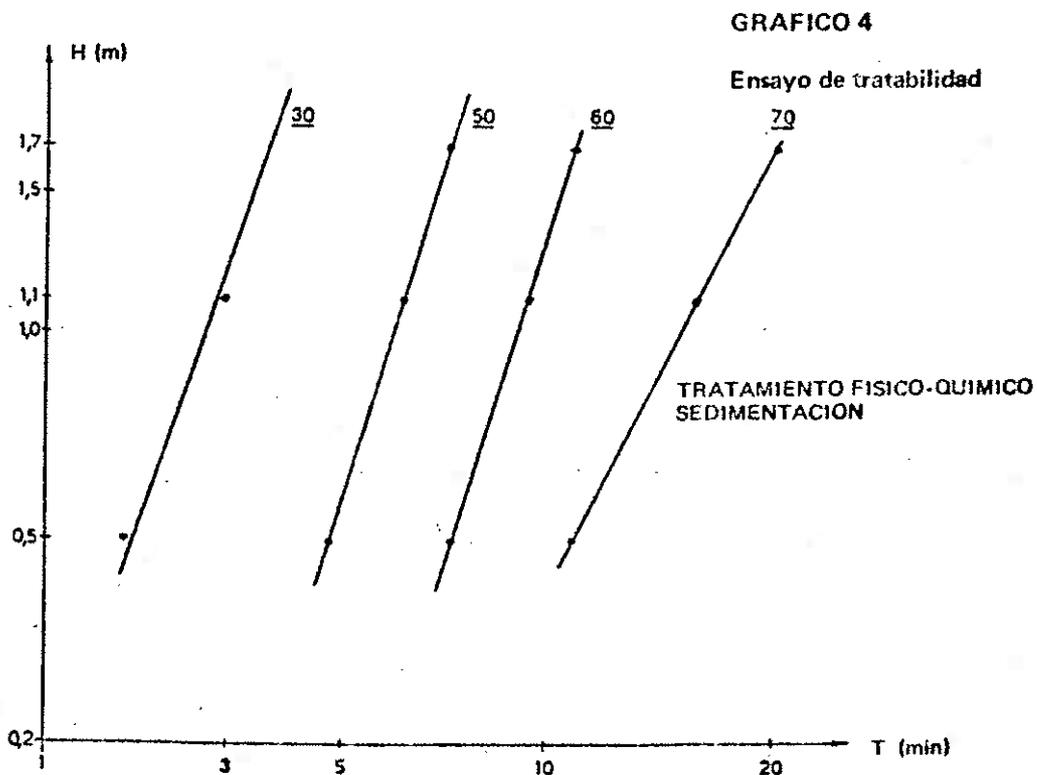
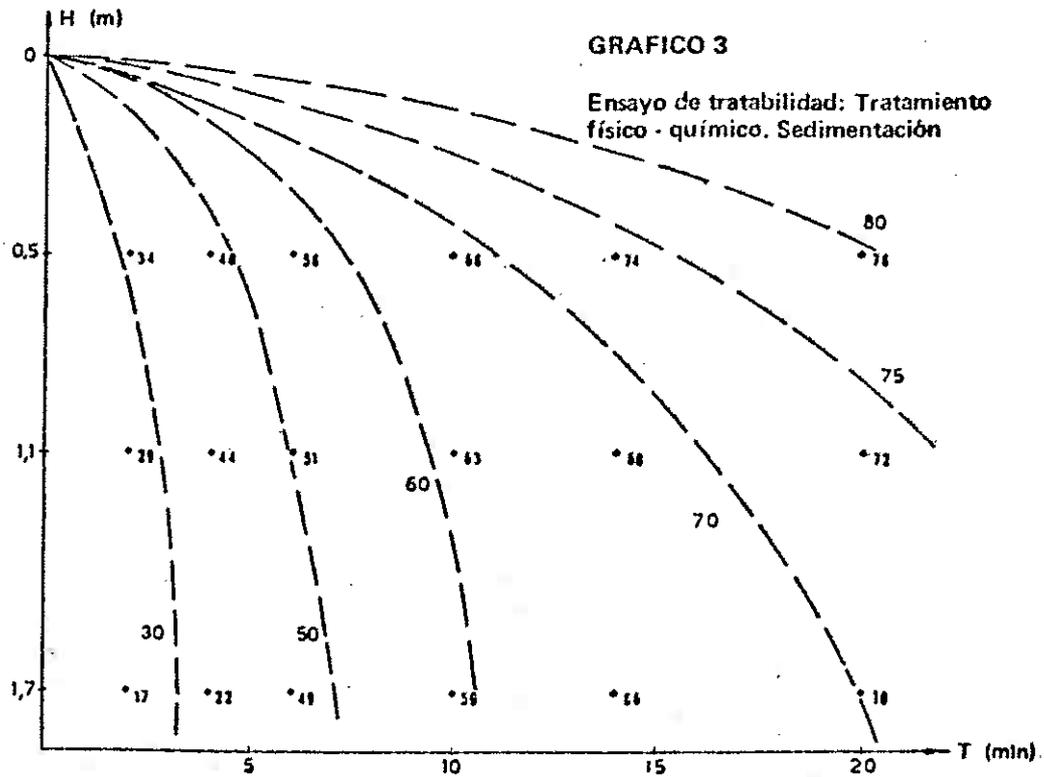
- Concentración de sólidos suspendidos en función de los tiempos y alturas de sedimentación: Tabla 12.

TABLA 12
ENSAYO DE TRATABILIDAD
TRATAMIENTO FISICO-QUIMICO: SEDIMENTACION

SOLIDOS SUSPENDIDOS g/m ³				% REMOCION SOLIDOS SUSPENDIDOS			
T min.	ALTURA m			T min.	ALTURA m		
	1,7	1,1	0,5		1,7	1,1	0,5
0	180	180	180	0	---	---	---
2	150	128	119	2	17	29	34
4	123	100	94	4	32	44	48
6	97	88	79	6	46	51	56
10	73	67	58	10	59	63	68
14	61	58	47	14	66	68	74
20	54	51	40	20	70	72	78

DBO g/m ³	h = 1,7 m t = 20 min.	REDUCCION
LIQUIDO BRUTO	LIQUIDO TRATADO	%
1.100	900	18

- Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos en función de los tiempos y alturas de sedimentación: Tabla 12 y Gráficos 3 y 4.



e) Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos permiten afirmar que:

- El agregado de coagulante - sulfato de aluminio - es efectivo para alcanzar una remoción relativamente alta de sólidos suspendidos.
- El agregado del polielectrolito catiónico ensayado como coadyuvante no mejora sensiblemente la eficiencia de dicha remoción.
- El tratamiento de coagulación-floculación química es poco efectivo para remover DBO. Ello se explica por la presencia, en el efluente, de sustancias orgánicas biodegradables en estado soluble (ácidos orgánicos, azúcares, etc).
- La intensidad de mezcla requerida para los procesos de coagulación y floculación se describe en función del gradiente medio de velocidad en el líquido, o sea, de la cantidad de trabajo necesario para aplicar, en la unidad de tiempo, a la unidad de volumen de líquido:

$$G = \sqrt{P/\mu V}$$

G = gradiente medio de velocidad

P = energía requerida para la mezcla

μ = viscosidad dinámica del líquido

V = volumen de líquido

El valor de G puede determinarse experimentalmente, ya que está relacionado con el área de las paletas del agitador (A), el número de revoluciones del motor (n) y la viscosidad cinemática del líquido (ν) por la siguiente ecuación [6]:

$$G = \sqrt{\frac{C_d A v^3}{2 \nu V}}$$

donde:

$$v = 0,70 \cdot 2 \pi r n/60$$

r = radio de la trayectoria circular de la paleta

Cd = coeficiente = 1,2

De esta manera, se pueden establecer correlaciones entre los gradientes o número de revoluciones, las dosis de coagulantes, las turbiedades en los líquidos tratados y las permanencias de las cámaras de tratamiento.

A continuación se calcula el valor de G para las condiciones de trabajo ensayadas que producen efluentes tratados de turbiedad mínima. En todos los casos se utilizó un volumen de muestra de 0,500 dm³.

a) dispersión-coagulación

$$A = 20 \text{ cm}^2$$

$$r = 4 \text{ cm}$$

$$v = (0,70) (2) (3,14) (4) (180 / 60) = 52,8 \text{ cm/s}$$

$$G = \sqrt{\frac{C_d A v^3}{2 \nu V}} = \sqrt{\frac{1,2 \times 20 \times 147 \cdot 200}{2 \times 0,01 \times 0,5 \times 10^3}} = 594 \text{ s}^{-1}$$

Cabe aclarar que, en esta etapa, se adopta generalmente en la práctica un valor de G mayor a 300 s⁻¹, con una permanencia de 10-30 segundos.

b) acondicionamiento-floculación

$$v = (0,70) (2) (3,14) (4) (40 / 60) = 11,7 \text{ cm/s}$$

$$G = \sqrt{\frac{1,2 \cdot 20 \cdot 1.602}{2 \cdot 0,01 \cdot 0,5 \cdot 10^3}} = 62 \text{ s}^{-1}$$

Cabe aclarar que en esta etapa suele trabajarse con un valor de G menor de 100 s^{-1} , con una permanencia de 15 - 30 minutos.

Las curvas de sedimentación obtenidas experimentalmente, Gráfico 3, permiten predecir, para valores de cargas superficiales preestablecidas, la eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos a lograr. [4] [7].

Como ejemplo, se determinó la remoción total de sólidos suspendidos para un tiempo de detención $t_0=20$ minutos y una altura de sedimentación $h_0=1,70 \text{ m}$.

La carga superficial o velocidad de sedimentación correspondiente a esas condiciones es:

$$v_0 = h_0/t_0 = 0,085 \text{ m/min} = 5,1 \text{ m/h}$$

Todas las partículas con velocidades de sedimentación iguales o mayores a v_0 serán removidas en un sedimentador ideal de 1,7 m de altura y 20 minutos de permanencia.

Las partículas de menor velocidad de sedimentación v_s serán eliminadas en la proporción v_s/v_0 o sea h_s/h_0 . Por lo tanto, la remoción porcentual total de sólidos suspendidos, en dichas condiciones, se calcula así:

Porcentaje de SS removidos	h_s	$v_s=h_s/t_0$	v_s/v_0	% SS removidos
-	m	m/h	-	-
0 - 70	1,7	5,1	1,00	70,00
70 - 75	1,3	3,9	0,76	3,80
75 - 80	0,6	1,8	0,35	1,75
Remoción Total				75,55
Carga sup. = 5,1 m/h				
Permanenc. = 20 min.				

En la Fotografía 16 se muestra parte del fondo de la columna en la etapa de sedimentación



Tratamiento biológico

a) Fundamentos

La degradación de la materia orgánica contenida en el efluente, hacia formas más estables o al estado de mineralización, puede lograrse mediante la acción de microorganismos.

Las condiciones básicas para que un desagüe industrial sea tratable biológicamente son las siguientes:

- Presencia de materia orgánica degradable por microorganismos.
- Presencia de nutrientes -nitrógeno y fósforo- en cantidades adecuadas.
- Ausencia de sustancias en concentraciones tóxicas para los microorganismos.

Por lo tanto, puede afirmarse, a priori, que los efluentes de la industria juguera son tratables biológicamente. Entre las alternativas posibles, el tratamiento por lagunas de aireación resulta ser uno de los más adecuados para ser aplicados en los establecimientos de nuestro país, por las siguientes razones:

- Existencia de terreno disponible para encarar su instalación.
- Menor costo de construcción respecto al sistema convencional de barros activados.
- Escasa atención, durante su funcionamiento, por parte de operadores especializados.
- Capacidad de absorber picos de carga orgánica y variaciones bruscas de pH en el efluente.
- Ausencia de olores.
- Mayor eficiencia que las lagunas de estabilización para temperaturas invernales.

La ecuación que describe el funcionamiento de una laguna de aireación surge de la aplicación de un balance de masas para un sistema de mezcla completa y cinética microbiana de primer orden.

$$L_e = L_o / (1 + KT) \quad [8]$$

Siendo:

L_e = DBO del efluente tratado (g/m^3)

L_o = DBO del efluente a tratar (g/m^3)

K = constante de depuración (1/día)

T = permanencia del sistema (día) = Volumen / Caudal

o sea:

$$K = (L_o / L_e - 1) 1/T$$

b) Objetivos

Son los siguientes:

- Determinar el grado de tratabilidad biológica del efluente por el sistema de laguna aireada.
- Determinar el aporte de nutrientes requerido.
- Determinar parámetros de diseño del sistema.

c) Equipo requerido

El equipo utilizado en este ensayo se indica en la Fotografía 17. Consta de cuatro cubas, geométricamente iguales, de 10 dm^3 de capacidad cada una, provistas de sus respectivas aireadores alimentados, a su vez, mediante un compresor de aire.



d) Desarrollo del ensayo

El ensayo se realizó con muestras del efluente total de la planta, cuyas características se indican en la Tabla 5, previamente tamizado.

Las etapas llevadas a cabo fueron las siguientes:

1. Aclimatación de una masa activa de microorganismos al efluente de la industria juguera.

La masa activa de microorganismos fue provista por una planta experimental de depuración de líquido cloacal.

Su aclimatación al efluente industrial se produjo en forma gradual, mediante un aumento diario, en el caudal de alimentación a cada cuba, del porcentaje de efluente industrial con respecto al líquido cloacal.

El sistema se consideró aclimatado al obtener un valor de DQO constante en el efluente tratado, para un caudal de alimentación compuesto exclusivamente por líquido industrial.

2. Funcionamiento de los sistemas como lagunas de aireación.

Las cubas se alimentaron con el efluente industrial de modo de trabajar con permanencias distintas en cada una de ellas: 3, 6, 9 y 12 días respectivamente. En todos los casos se mantuvo la temperatura en 20 °C y se determinó el aporte requerido de nutrientes: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (fuente de nitrógeno) y $\text{Na}_2\text{PO}_4\text{H}$ (fuente de fósforo).

Se estudió la eficiencia del sistema para remover DBO, para distintas relaciones de DBO:N:P en el efluente a tratar. En la Tabla 13 se indican los valores determinados en condiciones de máximo y mínimo aporte de nutrientes (correspondiente, en este último caso, al contenido original de N y P en el desagüe)

e) Análisis de los resultados

Los resultados obtenidos permiten afirmar que:

- La eficiencia en remoción de DBO es función de la permanencia del sistema y del contenido de nutrientes.
- El nitrógeno contenido en el efluente se encuentra, en su mayor parte, constituyendo sustancias orgánicas insolubles por lo cual no es asimilable con facilidad por los microorganismos.
- La aplicación de la ecuación de funcionamiento del sistema a los datos experimentales permite el cálculo de la constante K, a 20 °C, tal cual se indica en el Gráfico 5. Con experiencias similares a las descritas podría determinarse la variación de dicha constante con la temperatura del efluente.

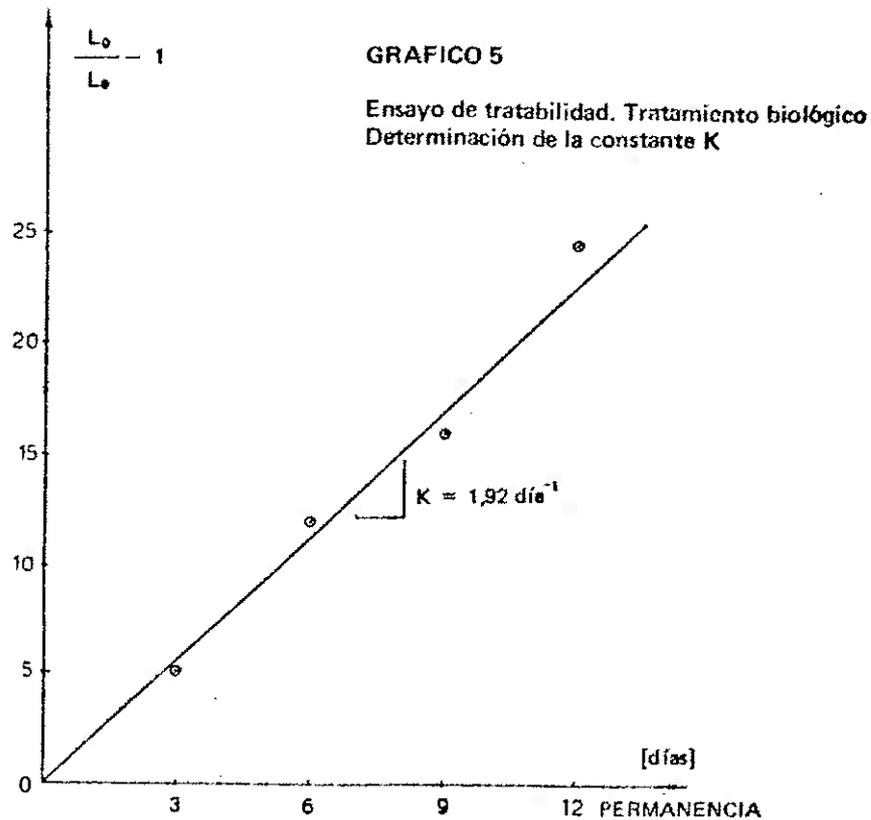


TABLA 13. ENSAYO DE TRATABILIDAD: TRATAMIENTO BIOLÓGICO

EFLUENTE CRUDO					EFLUENTE TRATADO			PERMANENCIA
DQO	DQO	Nitrógeno N total	Fósforo P total	DBO : N : P	DQO	DBD	EFICIENCIA REMOCION DBO	
g/m ³	g/m ³	g/m ³	g/m ³	---	g/m ³	g/m ³	%	Días
1560	1100	< 20	< 15	100:1,8:1,4	1100	735	33,0	3
					928	622	43,5	6
					880	586	46,5	9
					---	---	---	12
1560	1100	88	22	100:8:2,0	276	180	83,6	3
					130	85	92,3	6
					90	64	94,2	9
					64	43	96,1	12

Diseño de sistemas de tratamiento en escalas piloto y real

Introducción

La determinación experimental en escala laboratorio de los parámetros de diseño permite encarar el proyecto y la construcción de plantas piloto, con el objeto de profundizar en el conocimiento de los diversos factores que intervienen en los procesos y operaciones estudiados. De esta manera, es posible cuantificar los parámetros de diseño definitivos para dimensionar las unidades de depuración en escala real.

El uso de plantas piloto puede obviarse en los casos en que los sistemas de tratamiento analizados hayan sido convenientemente experimentados en plantas reales, habiéndose correlacionado sus datos de funcionamiento (eficiencia, permanencia, carga superficial, etc.) con los obtenidos oportunamente en escala laboratorio. En tales ocasiones, los parámetros de diseño resultantes de los ensayos en dicha escala, afectados de determinados coeficientes de seguridad, son utilizables para el proyecto de las unidades de depuración constituyentes de la planta de tratamiento real.

Criterios generales de diseño

A continuación, se hará una referencia a los criterios generales de diseño que deben aplicarse para el proyecto de las unidades de depuración, ensayadas previamente en escala laboratorio, aplicados al tratamiento del efluente objeto de estudio en el presente trabajo.

Tamizado

Los parámetros a definir son los siguientes:

- a) Tamaño de malla: las experiencias en escala laboratorio han demostrado que, para el efluente de la industria juguera en estudio, un tamaño de malla de 1 mm de espaciamiento es apto para remover un alto porcentaje de sólidos suspendidos (36%)
- b) Tipo de tamiz: el sistema de conducción de efluente previo y el tamiz deben proyectarse de modo que, durante ambas operaciones, el tiempo de contacto de los sólidos con el líquido y la agitación sean de pequeña magnitud, para evitar la disminución del tamaño de los sólidos, e incluso su transformación en materia soluble. La experiencia en plantas reales ha demostrado que los tamices rotativos y los tangenciales son de alta eficiencia en este tipo de efluentes. Sus fabricantes los proveen en función del tamaño de malla requerido y el caudal máximo a tratar.

Flotación

Los parámetros a definir son los siguientes:

- a) En la cámara de flotación:
 - a.1) Permanencia: este parámetro permite determinar el volumen de la cámara, de acuerdo al caudal a tratar. Las experiencias en escala laboratorio han demostrado que, para el efluente en estudio, valores mayores de 10 minutos no implican un aumento significativo en la eficiencia del sistema. Por lo tanto, adoptando un coeficiente de seguridad de 1,7 (valor recomendable: 1,50 - 2,00) para tener en cuenta los efectos de turbulencia y cortos circuitos hidráulicos, puede considerarse que la permanencia requerida para una cámara en escala piloto o, eventualmente, real es de 17 minutos.
 - a.2) Carga superficial: este parámetro permite determinar el área transversal de la cámara, en función del caudal a tratar. En la práctica, suelen adoptarse para el diseño de dicha unidad valores comprendidos entre 4 y 8 m/h.
- b) En la cámara de compresión:
 - b.1) Permanencia: la experiencia ha demostrado que una permanencia de 1-3 minutos es adecuada para lograr una eficiente disolución del aire en el líquido.
 - b.2) Presión de trabajo: las experiencias en escala laboratorio han demostrado que, para el efluente en estudio, una presión de 3,4 atmósferas es la recomendable para alcanzar una aceptable eficiencia en remoción de sólidos suspendidos.

c) Relación de recirculación

Las experiencias en escala laboratorio han demostrado que la eficiencia del sistema, para la presión de trabajo seleccionada (3,4 at.), es similar para aireación directa y con recirculación. Por lo tanto, la decisión final entre una y otra alternativa deberá surgir de un análisis económico, ponderando el menor volumen de la cámara de flotación que requiere la aireación directa frente al menor costo del sistema de compresión requerido por la aireación con recirculación y su mayor estabilidad operativa frente a variaciones en el caudal del efluente a tratar.

Tratamiento físico-químico (coagulación-floculación)

Los parámetros a definir son los siguientes:

a) En la cámara de dispersión:

a.1) Permanencia: este parámetro permite determinar el volumen de la cámara de dispersión del coagulante, una vez efectuada la alcalinización del efluente. Las experiencias de laboratorio se realizaron, en todos los casos, con permanencias iguales a 1 minuto; en plantas reales o experimentales de flujo continuo se suele trabajar con valores de 30-45 segundos.

a.2) Energía de mezclado: en función del gradiente de velocidades determinado en las experiencias de laboratorio y del volumen requerido para la cámara, puede calcularse la energía necesaria para la mezcla (P); así, por ejemplo:

$$G = \sqrt{P/\mu \cdot V} \quad P = G^2 \mu V$$

$$P(\text{HP}) = G(\text{s}^{-1}) \times \mu(\text{dina.s/cm}^2) V(\text{m}^3)/7\,448$$

$$G = 594 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu = 0,01 \text{ dina.s/cm}^2$$

$$Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 0,65 \text{ m}^3 \text{ (permanencia: 30 s)}$$

$$\therefore P = 0,31 \text{ HP o } 230 \text{ W, con } 180 \text{ rpm}$$

La potencia requerida del motor eléctrico se calcula en base al rendimiento del sistema de reducción-transmisión.

b) En la cámara de floculación:

b.1) Permanencia: las experiencias de laboratorio se realizaron en todos los casos con permanencias iguales a 20 minutos.

b.2) Energía de mezclado: como en el caso anterior, resulta:

$$G = 62 \text{ s}^{-1}$$

$$\mu = 0,01 \text{ dina.s/cm}^2$$

$$Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$V = 26 \text{ m}^3 \text{ (permanencia: 20 minutos)}$$

$$\therefore P = 0,13 \text{ HP o } 100 \text{ W, con } 40 \text{ rpm}$$

La potencia requerida del motor eléctrico se calcula en base al rendimiento del sistema.

c) En el sedimentador

Para encarar el diseño de equipos en escala piloto o real hay que considerar otros factores además de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. La eficiencia de la operación en un sedimentador es menor que en la columna de sedimentación debido a los efectos de turbulencia y cortos circuitos, y mayor que en la misma debido a la acción de los gradientes de velocidad.

Además, hay que tener en cuenta las pérdidas de eficiencia asociadas a los sistemas de entrada y salida del líquido. El efecto neto de todos estos factores se tiene en cuenta mediante la adopción de determinados coeficientes de seguridad.

c.1) Permanencia: adoptando un coeficiente de seguridad de 2,0 (valor recomendable: 1,50 - 2,00), puede considerarse que la permanencia requerida, en las condiciones del ensayo realizado, es de $20 \times 2,0 = 40$ minutos.

c.2) Carga superficial: adoptando un coeficiente de seguridad de 1,50 (valor recomendable: 1,25 - 1,75), puede considerarse que la carga superficial requerida es de $5,1/1,5 = 3,4$ m/h. De acuerdo con estos valores y el caudal del efluente a tratar se puede diseñar el sedimentador en escala piloto o real, para alcanzar una remoción de sólidos suspendidos del mismo orden que la obtenida en los ensayos de tratabilidad. Cabe agregar que en ellos, para una mejor operación del sistema de tratamiento fisicoquímico, es necesario instalar previamente un tanque de compensación de caudales y calidades.

Tratamiento biológico

Los parámetros a definir son los siguientes:

a) Tipo de laguna de aireación

Existen dos alternativas de diseño: mezcla completa o aeróbica y facultativa o aeróbica-anaeróbica [8]. A igualdad de eficiencia en remoción de DBO el sistema de mezcla completa requiere menor permanencia y mayor consumo de energía que la laguna de aireación facultativa; además es necesario prever un sistema separador de los sólidos suspendidos arrastrados en el efluente tratado, si su contenido es objetado por las reglamentaciones de vuelco vigentes.

Dicha eficiencia resulta más afectada por las bajas temperaturas en el caso de lagunas facultativas.

Una vez elegido el tipo de sistema a adoptar, los parámetros fundamentales a definir son los siguientes: permanencia, potencia requerida.

En este trabajo los ensayos de laboratorio se han efectuado en régimen de mezcla completa y permiten sacar las siguientes conclusiones:

- Se obtiene una alta eficiencia en remoción de DBO si el aporte de nutrientes es suficiente. Dicha eficiencia aumenta al aumentar la permanencia del sistema.
- El valor de K determinado experimentalmente permite encarar el diseño y construcción de plantas piloto, en función de la eficiencia requerida, con el objeto de estudiar la influencia de los siguientes factores [9]:
- Intercambio de energía térmica entre el líquido y el ambiente para evaluar las variaciones de K y, por lo tanto, de la eficiencia en función de la temperatura.
- Potencia requerida para mantener un nivel aceptable de oxígeno disuelto en la laguna y la totalidad de sólidos en suspensión [5].
- Estudio de funcionamiento en períodos de puesta en marcha al comenzar cada ciclo productivo de la industria.
- Formación y control de espumas.

CONCLUSIONES

Los estudios realizados, cuyos resultados se han ido volcando ordenadamente en el presente trabajo, han demostrado que una alternativa tecnológica factible para encarar el tratamiento eficiente de los efluentes originados en la industria de fabricación de jugo concentrado de manzana es el sistema compuesto por tres etapas sucesivas:

- * Adopción de tecnologías menos contaminantes.
- * Tamizado
- * Tratamiento biológico

La primera etapa permite reducir la carga contaminante del efluente, y recuperar, además, un producto de relativo valor comercial.

La segunda etapa -tamizado- es eficiente para eliminar en forma económica un porcentaje tal de sólidos suspendidos que el remanente es compatible con el tratamiento biológico posterior.

La tercera etapa -tratamiento biológico (en cualquiera de sus alternativas)- es altamente eficiente para remover DBO hasta alcanzar los límites de vuelco establecidos por las diferentes reglamentaciones vigentes en nuestro país.

Por último, cabe acotar que del presente trabajo se desprende la importancia que tiene la adopción de la metodología aplicada al estudio del tratamiento de los efluentes industriales para alcanzar la solución técnica y económica más adecuada en cada caso particular.

INDICE DE REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1]. Obras Sanitarias de la Nación. *Manual de laboratorio para técnicos sanitarios*. Buenos Aires, 1973. p.69-71
- [2]. Environmental protection agency. *Monitoring industrial Wastewater* Cincinnati, 1975, cap. 6.

- [3]. Eckenfelder, W. *Industrial water pollution control*. New York, 1966. p.52-59.
- [4]. Idem, p. 31-35.
- [5]. Idem, p. 213.
- [6]. Metcalf-Eddy. *Tratamiento y depuración de las aguas residuales*. Barcelona, 1977, p.294-295.
- [7]. Idem, p. 302-304.
- [8]. Idem, p. 575.
- [9]. Idem, p. 577.

GLOSARIO

AEROBICO(Proceso): Proceso biológico en el cual la transformación de materia orgánica por acción microbiana tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto.

ANAEROBICO (Proceso): Proceso biológico en el cual la transformación de materia orgánica por acción microbiana tiene lugar en ausencia de oxígeno disuelto.

BARRO ACTIVADO: Barro floculento, constituido fundamentalmente por microorganismos, que se forma en un efluente durante su aireación.

BARRO ACTIVADO(Proceso): Sistema biológico de depuración en el cual el efluente a tratar es mezclado en un tanque de reacción con barro activado, en presencia de oxígeno disuelto. En una etapa posterior de sedimentación, el barro se separa del efluente tratado y retorna, en parte, al tanque de reacción.

CARGA SUPERFICIAL: Cociente entre el caudal del efluente a una cámara de tratamiento (sedimentador, flotador, etc.) y el área superficial de la misma.

DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO(DBO): Cantidad de oxígeno necesaria para degradar la materia orgánica del efluente por acción microbiana aeróbica. Es función del tiempo de contacto entre microorganismos y efluente y de la temperatura. A los fines prácticos, este parámetro se determina a 5 días y 20 °C.

DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO(DQO): Cantidad de un agente oxidante, expresada en equivalente de oxígeno, requerida para oxidar la materia orgánica del efluente. Como agente oxidante, se utiliza el dicromato de potasio, en medio ácido.

LAGUNA DE AIREACION: Proceso de depuración biológico en el cual el efluente a tratar pasa por una laguna, suministrándose el oxígeno necesario por aireadores mecánicos o difusores de aire.

Existen dos tipos de lagunas: en las aeróbicas, la potencia de aireación es suficiente para suministrar el oxígeno necesario para la actividad biológica y mantener todos los sólidos en suspensión. En cambio, en las facultativas, la energía aplicada es menor, por lo que se producen sedimentos, en el fondo de la laguna, que sufren descomposición anaeróbica.

LAGUNA DE ESTABILIZACION: Proceso de depuración biológico en el cual el efluente a tratar pasa por una laguna desprovista de dispositivos de incorporación de oxígeno o agitación.

PERMANENCIA: Tiempo teórico de detención de partículas en un equipo, determinado por el cociente entre el caudal de efluente tratado y el volumen de aquél.

pH: Cologaritmo de la concentración de iones hidrógeno en el desagüe. Es un indicativo de su carácter ácido o alcalino.

SOLIDOS SEDIMENTABLES: Fracción de sólidos suspendidos que sedimenta naturalmente, en un tiempo predeterminado.

SOLIDOS SUSPENDIDOS: Materia sólida en suspensión en un desagüe, que puede separarse por filtración.

SOLIDOS VOLATILES: Fracción de materia sólida que se transforma en gas o vapor por calcinación o calentamiento, a una temperatura dada.

liquidos amoniacales - tratamiento de efluentes - papeo -
manzanas - contaminantes - desagües

Realizado en febrero de 1983
en el Departamento de Ediciones del INTI, Avenida General Paz entre Albarelos y Avenida de los Constituyentes, Miguelete, provin-
cia de Buenos Aires.

Edición de 360 ejemplares.

