

SECCION DE ICTIOLOGIA Y PISCICULTURA

Purificación de los ríos guipuzcoanos

Depuración de aguas del Urumea (III.)

Continuando el tema sobre purificación de los ríos guipuzcoanos expuesto en MUNIBE, n.º 1 y 2 de 1954, estudio en este trabajo el problema de la purificación de las lejías negras; causa primordial de la toxicidad, coloración, materias en suspensión, etcétera, de las aguas de dichos ríos; con recuperación del producto químico utilizado en el lejiado y del calor desarrollado en la combustión de las materias orgánicas que, bajo la forma de compuestos sódicos, se hallan en las lejías negras.

Como dije ya en los citados números de MUNIBE, trataré solamente de las lejías negras procedentes de la fabricación de la celulosa por cocción o lejiado mediante sosa cáustica, por ser el método, casi, exclusivamente utilizado en las fábricas instaladas en las cuencas de nuestros ríos, si bien, cuanto en este trabajo se dice sirve también para cualquier otro método alcalino de lejiado.

Principio fundamental de la purificación por recuperación térmico-química es la combustión de las materias orgánicas contenidas en las lejías negras, durante la cual los compuestos Orgánico-sódicos se, convierten en carbonato sódico, el que sometido a un proceso de caustificación se transforma en sosa cáustica, regenerando así la empleada en el lejiado.

Primeramente todos los estudios sobre el problema se dirigieron hacia la recuperación exclusiva del producto químico utilizado en el lejiado, mas, desde hace unos años, la técnica de la recuperación se orienta hacia el aprovechamiento del calor producido en la combustión de las materias sólidas de las lejías negras, pretendiendo llegar a la autarquía calorífico-energética en la fabricación de la celulosa, ideal cuya realización aportaría ventajas considerables a dicha industria.

Expuesto el problema, veamos a continuación las operaciones que lo comprenden, así como los factores que, en el proceso de recuperación térmico-química de las materias sólidas que acompañan a las lejías negras, influyen sobre el rendimiento general del proceso de recuperación. Estas operaciones son las siguientes:

- A) Concentración de las leñas negras.
- B) Combustión de las leñas negras.
- C) Recuperación del agente químico utilizado en el leñado.
- D) Aprovechamiento del calor producido en la combustión.

Concentración de las leñas negras

Tiene por finalidad esta operación aumentar el contenido en materia sólida por Kg. de leña hasta un límite que depende del rendimiento térmico que se desea alcanzar, quien, a su vez, es función del rendimiento que se obtenga en la recuperación de la leña negra y aguas de lavado, pues de estos factores depende la concentración inicial de la leña a recuperar, por lo que es necesario efectuar, en cada fábrica, un balance del proceso de recuperación de las mencionadas leñas, aguas de lavado, métodos de ídem, cantidad de agua clara a emplear, etc., para concretar la concentración inicial, procurando que ésta no baje de los límites previstos

La cantidad de agua a evaporar para aumentar el contenido sólido de la leña negra depende, como es lógico, tanto de su concentración inicial como de su concentración final. Para leñados por vapor directo, la primera oscila entre el 15 y el 18 por 100, y para leñado por vapor indirecto del 18 al 22 por 100, varían estas cifras con la cantidad de sólidos cargados en la leñadora, calidad de la materia prima, relación sólido-líquido empleada en el leñado, rendimiento en celulosa, etc., siendo necesario que la concentración en materia sólida final sea superior al 55 por 100 para que la combustión se lleve a cabo normalmente.

Otro dato que es necesario conocer para calcular la cantidad de agua a evaporar es la proporción de sólidos en las leñas negras por Kg. de celulosa seca al aire producido. Esta es función de la cantidad de álcali empleada en el leñado, rendimiento obtenido, calidad de la materia prima, etc. Prácticamente aquél varía de 1.300 a 1.800 Kgs. por tonelada de celulosa seca al aire y puede calcularse mediante análisis de la materia prima, rendimiento celulósico, eficacia del lavado, etc.

Suponiendo que la cantidad de sólidos por tonelada de celulosa seca al aire sea de 1.500 Kgs., el peso de agua a evaporar para una concentración inicial del 18 por 100 y final del 70 por 100 será el siguiente:

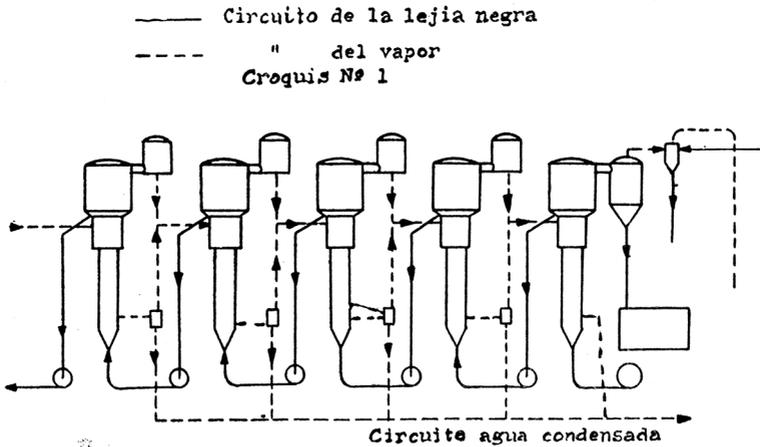
Peso de la leña	al 18 por 100	1.500X100:	18=	8.334	Kgs.
"	"	"	"	70	"
		1.500X100:	70=	2.142	"
		Peso del agua a evaporar		6.192	"

Para evaporar esta cantidad de agua, en las primeras instalaciones de purificación de las lejías negras por recuperación del agente químico de lejiado, se sometía a la lejía almacenada en depósitos expuestos al aire libre a la acción del fuego directo, pero este método, debido a su bajo rendimiento térmico, fué abandonado rápidamente, sustituyéndolo por el horno de Porion, que consistía en una cámara construida con ladrillo refractario, cuya parte inferior hacia de recipiente de la lejía negra. Esta era pulverizada por medio de unas paletas, que se sumergían en la lejía, girando a gran velocidad y sometida en este estado al efecto de los gases calientes producidos en un hogar auxiliar situado en la parte anterior del horno, los que evaporaban parte del agua de la lejía concentrándola. Idéntico resultado se consigue con el evaporado a discos Enderlein, en el que las paletas fueron sustituidas por discos que, bañados en su parte inferior por la lejía levantan, en su movimiento de rotación, una capa delgada de líquido que el calor de los gases calientes del hogar auxiliar lo concentra por evaporación del agua de la lejía,

Modernamente la evaporación preliminar de las lejías negras se efectúa en evaporadores de múltiple efecto, en los cuales la evaporación se realiza con un consumo mínimo de vapor por kilogramo de agua evaporada, siendo éste menor cuanto mayor es el número de efectos. Podrán apreciar en el croquis n.º 1 el funcionamiento de estos aparatos, cuyo principio básico es la disminución del punto de ebullición del agua cuando se reduce la presión bajo la cual la evaporación se produce.

Consiste este método en un cierto número de depósitos cuya estructura, disposición, etc., dependen de los constructores, cada uno de estos depósitos constituye un efecto. Estos están conectados de forma que el vapor producido por la evaporación desarrollada en el primer efecto se utiliza para calentar el efecto siguiente, y el vapor producido en éste para el posterior, etc. En cada efecto o depósito se mantiene una presión más baja que en el efecto precedente, de suerte que, a pesar de que la concentración de la lejía es cada vez más elevada, el vapor procedente del efecto anterior es suficiente para producir, la ebullición del agua, consiguiéndose la disminución gradual de la presión mediante un condensador y una bomba de vacío acoplados en serie al último efecto o depósito.

Depende el número de éstos a instalar de la velocidad con que es absorbido el calor suministrado al primer efecto por pérdidas



de conductibilidad, radiación, etc., estando generalmente formados de 2 a 6 efectos, según la concentración final que se desea obtener, la que puede llegar al 55 por 100 de materia sólida por kilogramo de lejía. Interesa, en cada caso particular, efectuar un balance térmico determinando la caída de temperatura, es decir diferencia entre la temperatura del vapor de calefacción y la de ebullición de la lejía a la tensión del vapor en el efecto correspondiente, caída de presión, evaporación por efecto, etc., para concretar la concentración final que se obtendrá con el número de efectos previsto.

Actualmente, con el fin de mejorar el rendimiento térmico general, además de los evaporadores de múltiple efecto, vienen utilizándose super-evaporadores para aumentar la concentración de los sólidos en las lejías negras hasta el 90 por 100, aprovechando el calor de los gases de la combustión o por medio de vapor sobre calentado. Entre los métodos empleados para este objeto los siguientes han sido aplicados en la industria celulósica.

A) Evaporador de cascada de la Sdad. Combustión Eghneering que eleva el contenido de sólidos del 55 al 70 por 100 haciendo circular los gases de la cumbustión entre la lejía negra que en forma de capa fina presentan a la acción de éstos unos discos rotativos, acoplados sobre un eje, aumentando de este modo la superficie de contacto entre lejía y gases, y por consiguiente la de evaporación del agua de la lejía.

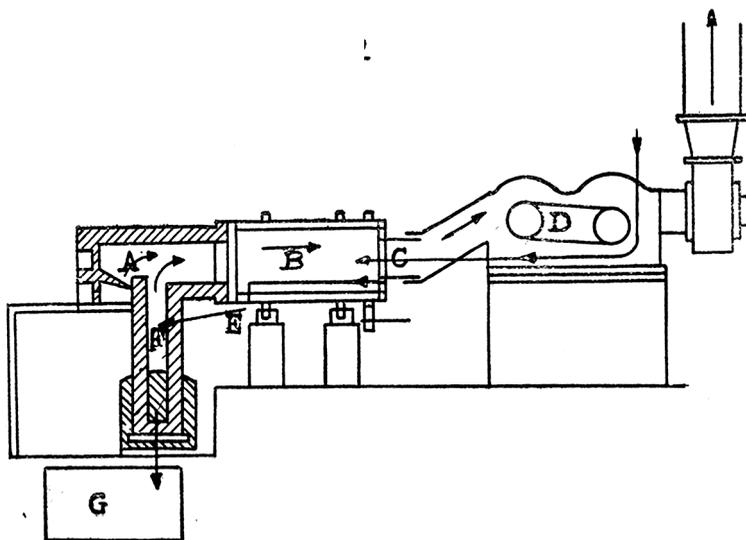
B) Evaporador por pulverización de la lejía negra, la que en este estado es sometida al calor de los gases de la combustión.

C) Evaporación por el super-concentrador de ARNAUD. Aparato constituido por placas montadas sobre un eje, dentro de las que se introduce vapor a una presión de 8 a 10 atms. Entre aquéllas circula la lejía, la que por efecto del calor aportado por las placas sufre una evaporación, separando la lejía así concentrada del vapor por centrifugación producida por el movimiento rotativo de las placas.

D) Idem por el procedimiento de Berstrom y Trobek, con el que pueden alcanzarse concentraciones de hasta el 90 por 100. Consiste en aplicar vapor, sobre-calentado, directamente a la lejía negra, la cual satura el vapor, evaporando parte del agua contenida en la misma, elevándose la temperatura de ésta hasta unos 150 grados. Termina la operación con una autoevaporación producida al poner la lejía en contacto con la atmósfera.

Combustión de las lejías negras

Las materias orgánicas de las lejías negras, compuestas principalmente por C, H₂ y O₂ a partir de unos 170 grados se descomponen con rapidez transformándose, casi el 70 por 100 de su peso en materias volátiles ricas en CO, H₂ y C_nH_m las que, juntamen-



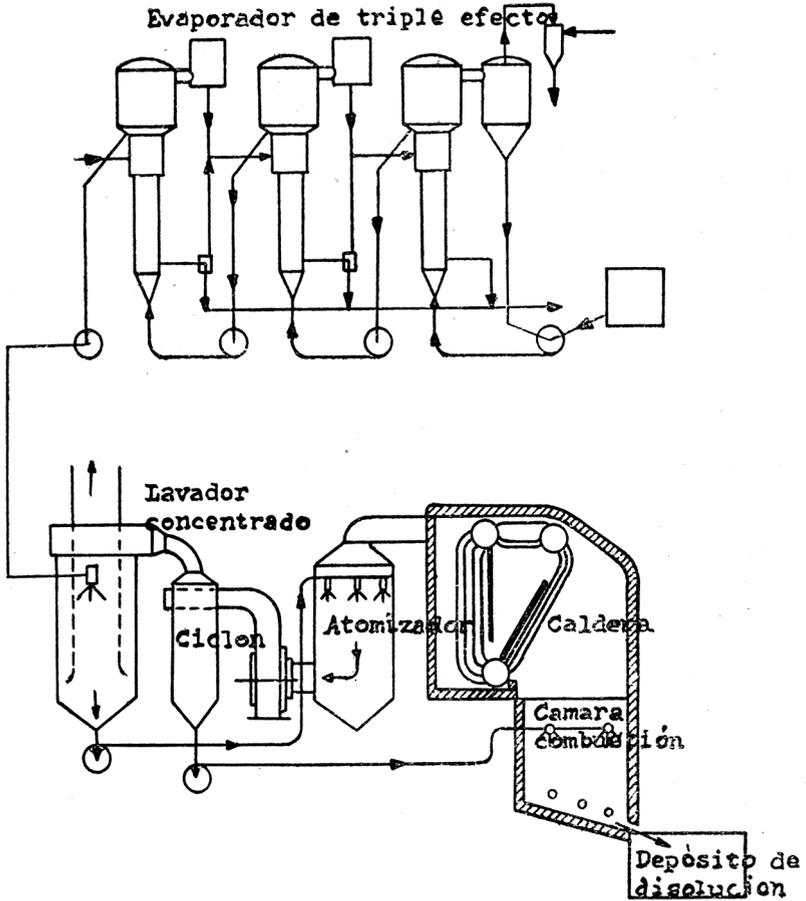
te con el CO₂ producido como consecuencia de la abundancia de oxígeno en aquéllas y vapor de agua originado por la evaporación del agua que lleva la lejía, forman una masa gaseosa abundante de bajo poder calorífico y difícil combustión, factor que ha obligado a los técnicos en la materia a estudiar el problema en todas sus fases para lograr el máximo rendimiento en esta operación. En cambio el residuo de la combustión, llamado carbón de sosa, quema fácilmente en el horno de fusión.

Para llevar a cabo la combustión de las materias orgánicas se empleó, en los primeros tiempos, el horno rotativo, que aun sigue empleándose en muchas instalaciones. Consta, Croquis núm. 2, de una parte fija A integrada por un hogar corriente que puede quemar carbón, desperdicios de madera, etc., situado en la parte anterior del horno, y otra rotativa dispuesta a continuación de la primera, formada por un cilindro B metálico recubierto de ladrillo refractario en el que entra la lejía por la parte posterior C previamente concentrada por evaporadores de cascada, múltiple efecto, etc., D, lejía que va circulando en forma continua a lo largo del cilindro rotativo, en cuyo camino alcanza la temperatura de combustión, quemándose las materias orgánicas que se convierten en cenizas, las que son enviadas por la parte inferior del horno rotativo E al de fusión F, doble para trabajar en continuo, donde se termina el proceso de la combustión descargando las cenizas al depósito de disolución G.

Tenían los primeros hornos el inconveniente de que para mantener la combustión era necesario utilizar combustible auxiliar, con el gasto correspondiente, a pesar de lo cual la instalación es rentable en todos los aspectos. Actualmente con los modernos métodos de evaporación preliminar puede efectuarse la combustión en forma continua, empleándose solamente combustible auxiliar para la puesta en marcha del horno.

Este tipo de horno sólo sirve, tal como indica el croquis número 2, para recuperar la sosa cáustica utilizada en el lejiado con un rendimiento superior al 80 por 100 de la cargada en la lejiadora, pero puede intercalarse entre el horno y el evaporador preliminar una caldera apropiada, que permitirá aprovechar el calor de la combustión de las materias sólidas para la producción de

Croquis N° 3



vapor, como representa el croquis núm. 3 referente a una instalación moderna destinada a la purificación, con recuperación, de volúmenes medianos de lejas negras.

Comprende ésta las siguientes partes:

1.º Instalación de evaporación de triple efecto en el cual se concentra la, leja inicial al 45 por 100 de materia sólida.

2.º Idem lavado y concentrado de la lejía negra hasta el 55 por 100 pre-evaporada en el múltiple efecto, haciendo pasar ésta en forma de riego grueso entre los gases calientes de la combustión.

3.º Idem de evaporación, por atomización de la lejía, en una cámara sometida a la acción del calor de los gases que circulan por ella, los cuales juntamente con el residuo seco, contenido de humedad 20/22 por 100, son impulsados por un ventilador a un ciclón separador de polvo. Este es enviado por soplado a dos pequeños ciclones colocados junto a la cámara de combustión, que separan el polvo que pasa a depósitos de almacenado, mientras el aire vuelve al circuito de los gases calientes.

4.º Cámara de combustión y fusión construida de ladrillo refractario, conectada a la cual van las boquillas de inyección de los residuos semi-sólidos de las lejías negras y las del aire, racionalmente distribuido, necesario para la combustión. Las cenizas formadas funden en la parte inferior del horno y se descargan al depósito de disolución.

5.º Caldera para la producción de vapor por aprovechamiento del calor contenido en los gases de la combustión, especialmente diseñada para este objeto.

Esta instalación permite recuperar la sosa cáustica empleada en el lejiado y producir vapor y energía eléctrica en una proporción que será estudiada más adelante.

*Recuperación del agente químico
utilizado en el lejiado*

La composición de las lejías varía considerablemente de una fábrica a otra, por depender de la proporción de álcali empleada, método de lejiado, calidad de la materia prima, etc., siendo la composición media la siguiente:

Total de sólidos	180,2	grs.	por	litro
Agua	917,3	"	"	"
Sosa cáustica	19,5	"	"	"
Total NaO2	49,9	"	"	"
Materias orgánicas precipitables por SO4H2	27,3	"	"	"

lejía que por concentración y combustión se convierte en cenizas cuyo contenido en carbonato sódico es del 65 al 80 por 104 con

pequeñas impurezas de hierro, aluminio, cal, sílice, azufre, etc.

Estas cenizas se vierten al depósito de disolución, colocado bajo los hornos de combustión y fusión, constituido por recipientes con falso fondo recubierto de arena sobre la que se depositan las cenizas sódicas. Como éstas se hallan al descargarlas en estado incandescente cuando toman contacto con el agua se evapora bruscamente, por lo que se hace llegar el agua, o las lejías diluídas, por el falso fondo y el depósito está en comunicación con el aire ambiente por medio de un tubo de dimensiones apropiadas. Una bomba mantiene en circuito cerrado la circulación de la lejía hasta alcanzar una cierta concentración, después de lo cual se vacía el depósito y se lavan las cenizas restantes varias veces. Las aguas de disolución y de los primeros lavados se envían a la sección de caustificación operación en la que se regenera la sosa cáustica por medios ya conocidos, las segundas se emplean para la disolución de nuevas cenizas. Interesa que la temperatura de las aguas de lavado esté comprendida entre 30 y 70 grados que corresponden con la máxima solubilidad del carbonato sódico.

Puede llegarse por este procedimiento a recuperar el 80 al 90 por 100 de la cantidad de sosa cáustica utilizada en el lejiado, cuyo valor supone una economía en pesetas suficiente para amortizar la instalación rápidamente.

Aprovechamiento del calor producido en la combustión

Durante estos últimos años la técnica de la purificación de las lejías negras ha recibido nuevos impulsos, dirigidos todos ellos hacia el aprovechamiento del calor producido en la combustión de las materias orgánicas que forman parte de las lejías negras, pues, poco o nada, puede hacerse ya referente a la recuperación de los productos químicos empleados en el lejiado, ya que el uso de precipitadores eléctricos para la recuperación del polvo que llevan y los gases y los métodos de oxidación de las lejías permiten alcanzar rendimientos del orden del 90 por 100 difíciles de superar.

Desde que se inició el estudio de la recuperación de los productos químicos utilizados en el lejiado se observó que el calor contenido en las materias sólidas de las lejías negras, no solamente era capaz para evaporar el agua que acompaña a éstas sino también para producir una cantidad de vapor tal que podría cubrir las necesidades del mismo en los fábricas de produc-

ción de celulosa. Como consecuencia de esto los técnicos especialistas se dedicaron a estudiar el problema, el cual ha sido resuelto favorablemente desde que aparecieron en el mercado los modernos super-concentradores, que han permitido mejorar el rendimiento térmico de estas instalaciones en una proporción cercana al ideal autárquico térmico-energético, como podrán comprobarlo por los datos siguientes:

Según expuse en otro lugar, se admite que por Kg. de celulosa seca al aire se produce 1,5 Kgs. de residuo sólido seco en las lejías negras, cuyo valor calorífico es de 3.000 a 3.400 calorías por Kg. de dicho residuo. Tomando el valor medio 3.200 calorías resulta un poder calorífico por Kg. de celulosa seca al aire de 4.800 calorías con las cuales puede producirse vapor y energía eléctrica en cantidad que estudio a continuación.

Suponiendo que la concentración inicial de la lejía negra sea del 20 por 100, a la que puede llegarse mediante un lavado metódico, y que la concentración final sea del 70 por 100, empleando super-concentradores alimentados con los gases calientes de escape, las posibilidades de producción de vapor y energía eléctrica se deducen de los siguientes datos, calculados en forma simple, pues el estudio térmico completo llenaría muchas páginas.

$$\text{Peso de la lejía inicial por tda. de celul.} \frac{1500 \times 100}{20} = 7.500 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Peso del agua en la lejía } 7.500 - 1.500 = 6.000 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Peso de la lejía al 70 por 100 por idem} \frac{1.500 \times 100}{70} = 2.143 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Peso del agua en la lejía } 2.143 - 1.500 = 643 \text{ Kgs.}$$

$$\text{Peso del agua a evaporar por tda. de celulosa seca al aire} \\ 6.000 - 643 = 5.357$$

Para evaporar esta cantidad de agua utilizaremos, primeramente, un grupo de evaporación tipo múltiple efecto de cinco efectos, en cuyo caso la cantidad de agua evaporada por Kg. de vapor es de unos 4 Kgs. empleando vapor a una presión de 2 a 2,5 atms. y la concentración final será de 50 a 55 por 100 de residuo sólido por Kg. de lejía negra.

Utilizando para la super-concentración el aparato de la Combustión Engineering y teniendo en cuenta las pérdidas que se detallan a continuación, las calorías útiles serán:

Pérdidas por la chimenea calor sensible de los humos,

con 30 por 100 de exceso de aire	9 %
No condensación del vapor de agua:	
Combustión hidrógeno	7 "
Humedad residual	6 "
Perdidas cenizas, radiación, etc.	15 "
Rendimiento por diferencia	63 "

$$3.200 \times 1.500 \times 63$$

$$\text{Calorías útiles} \frac{\quad}{100} = 3.024.000$$

por tonelada de celulosa seca al aire.

Eligiendo la caldera para una presión de 25 atms., vapor calentado a 400 grados e instalando una turbina a vapor, tipo contra-presión con dos extracciones una a 6 atms. y la otra a 2,5, y suponiendo que el agua de alimentación entra en la caldera a 90 grados, con aquellas calorías podremos producir una cantidad de vapor por tda. de celulosa seca al aire de

$$3.024.000$$

$$\frac{\quad}{\quad} = 4.420 \text{ Kgs.}$$

$$774 - 90$$

Admitiendo un consumo de vapor por KWH, para las características y condiciones de trabajo mencionadas, de 18 Kgs. la cantidad de KWH a producir con el vapor disponible sería de

$$4.420$$

$$\frac{\quad}{\quad} = 245 \text{ KWH}$$

$$18$$

deduciendo de éstos el consumo de energía eléctrica correspondiente al evaporador de múltiple efecto y al super-concentrador que es de unos 25 kwh por tda. de celulosa, resultan unas disponibilidades de energía eléctrica de

$$245 - 25 = 220 \text{ KWH}$$

Para aumentar la concentración en el evaporador de múltiple efecto de 20 al 25 por 100 es necesario evaporar 4.754 kilogramo; de agua, que suponen un consumo de vapor, a base de 4 Kgs. de agua por Kg. de vapor, de unos 1.200 Kgs. de vapor y dado que el super-concentrador no consuma vapor las disponibilidades de éste serán

$$4.420 - 1.200 = 3.220 \text{ Kgs.}$$

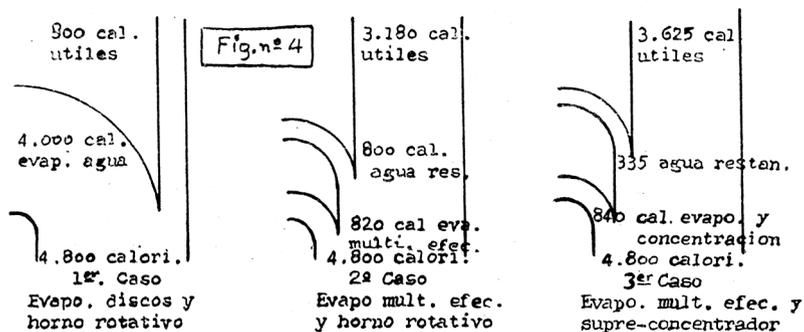
por tda. de celulosa seca al aire.

Pueden mejorarse estos resultados por una parte aumentando la concentración de la lejía, lo cual se traducirá en una mayor cantidad de calorías útiles para la producción de vapor, por otra elevando la presión de trabajo de la caldera, lo que reduce el

consumo de vapor por KWH, permitiéndonos producir más KWH con la misma cantidad de vapor; pero éstos son estudios a efectuar en cada caso particular, pues la elección de la instalación apropiada al mismo es función del costo del combustible, del de la energía eléctrica, del rendimiento térmico, etc.

Podrán obtener una idea más clara de la influencia de la concentración final de la lejía sobre el rendimiento térmico examinando el gráfico núm. 4, de cuyo examen se deduce lo siguiente:

Primer caso.—A simple vista se observa que el calor contenido en los sólidos que acompañan a las lejías negras y producido en la combustión de éstos se ha empleado casi exclusivamente para la evaporación del agua de las lejías negras.



Segundo caso.—Utilizando un evaporador de múltiple efecto como consecuencia de su buen rendimiento, la cantidad de calorías útiles se eleva considerablemente.

Tercer caso.—Aumentando la concentración final de la lejía mediante el aprovechamiento del calor contenido en los gases de la combustión en una proporción apreciable las calorías útiles.

RESUMEN

Como conclusión de lo expuesto sobre el discutido tema de purificación de las aguas de nuestros ríos, deducirán los lectores que entre las soluciones estudiadas la más interesante es, sin duda alguna, la purificación con recuperación del producto químico utilizado en el lejiado y aprovechamiento del calor producido en la combustión de las materias orgánicas contenidas en las lejías negras, por las razones siguientes:

1.º Recuperación hasta el 90 por 100 del producto químico empleado en el lejiado de la materia celulósica bruta.

2.º Posibilidad de producir una cantidad de vapor capaz de cubrir las necesidades de la fabricación.

3.º Idem de energía eléctrica que, con el empleo de turbinas de vapor, llega a abastecer las necesidades de la industria celulósica.

Valorizando las posibilidades de recuperación químico-térmico-energéticas, su importe supone una cantidad que permite amortizar las instalaciones de purificación de las lejías negras rápidamente. Era mi deseo efectuar un estudio financiero del asunto, pero, hasta la fecha, no he recibido los datos necesarios para llevarlo a efecto con las garantías debidas a la importancia del mismo.

Felipe PEÑALBA

