



# Tratamiento de efluentes líquidos de la refinería de Eg3

Por Cecil G. Pereira y Miguel A. Porras, Eg3 S.A.

En las refinerías de petróleo se producen aguas residuales originadas en la contaminación del agua empleada en los distintos procesos. Aunque los grados de contaminación alcanzados varían enormemente de una planta a otra (de acuerdo con el tipo de proceso, el crudo empleado y la localización), en términos generales puede afirmarse que la contaminación es menor que en otros tipos de industrias.

Las mayores exigencias en las normas de calidad de las aguas vertidas hacen que las industrias mejoren los procesos desde el punto de vista de la reducción del consumo de agua y/o de su grado de contaminación y obligan a un mayor grado de depuración en las aguas residuales.

El trabajo "Tratamiento de efluentes líquidos de la refinería

Dr. Ricardo Eliçabe de Eg3. Experiencias operativas" muestra el comportamiento del sistema de tratamiento de efluentes líquidos desde su puesta en marcha y la posibilidad de re-uso de agua de efluente. Este estudio fue presentado en las *Segundas Jornadas de preservación de agua, aire y suelo en la industria petrolera*, realizadas el pasado mes de mayo en San Martín de los Andes.

*Cecil Guillermina Pereira es Ingeniera Química de la Universidad Nacional del Sur y Auditora Ambiental Junior de Environmental Auditor's Registration Association. Actualmente desarrolla sus actividades en Eg3 S. A. como Ingeniera de Procesos - Control Ambiental.*

*Miguel A. Porras es Ingeniero Químico de la Universidad Nacional del Sur y actualmente desarrolla sus actividades en Eg3 S.A. como Asistente Jefe de Área Servicios Auxiliares.*

**E**n las refinerías de petróleo se producen aguas residuales originadas en la contaminación del agua empleada en los distintos procesos.

Aunque los grados de contaminación alcanzados varían enormemente de unas plantas a otras (de acuerdo con el tipo de proceso, crudo empleado y la localización), en términos generales puede afirmarse que la contaminación es menor que en otros tipos de industrias.

Las mayores exigencias en las normas de calidad de las aguas vertidas hacen que las industrias mejoren los procesos desde el punto de vista de la reducción del consumo de agua y/o de su grado de contaminación y obligan a un mayor grado de depuración en las aguas residuales.

Tanto en los procesos antiguos como en los modernos, a efectos de tratamiento, las aguas residuales de una refinería se dividen en dos grupos:

- a) Las que se depuran directamente fuera de la zona de proceso en una planta de depuración.
- b) Las que se someten a un tratamiento dentro de dicha zona.

Estas últimas corresponden a las aguas

sulfhídricas y amoniacaes y a la soda cáustica agotada, que se someten al llamado pretratamiento en planta en la zona de procesos.

Los efluentes de este pretratamiento se depuran por último en la planta de depuración de aguas residuales, junto con las demás corrientes.

## Caracterización de efluentes

La Refinería Eg3 S.A. está constituida con dos unidades de destilación atmosférica, una de destilación al vacío, un reductor de viscosidad, un *cracking* catalítico con recuperación de gases, cuatro Merox, dos calderas y una planta de tratamiento de agua.

Para fijar los parámetros básicos de diseño del sistema de tratamiento, se llevó a cabo una etapa de estudios previos, que consistió en realizar una cuidadosa tipificación físico-química de los desagües y mediciones de los caudales y volúmenes diarios descargados.

El volumen de desagüe industrial diario es:

Vol. desagüe =  $65,7 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ h/día}$  = Adoptándose,  
Vol. desagüe =  $1600 \text{ m}^3/\text{día}$  (actual)

Para diseñar la planta, se analizaron los



futuros proyectos de inversión de la empresa y su impacto al medio ambiente, lo que condujo a adoptar:

Vol. desagüe = 3800 m<sup>3</sup>/día (futuro)

Respecto del agua pluvial proveniente de las precipitaciones, se calculó el área total que aporta al sistema de la red industrial, siendo la misma de 11.000 m<sup>2</sup>.

Por otro lado, se obtuvieron del Servicio Meteorológico Nacional las estadísticas mensuales de los últimos diez (10) años correspondientes a la Estación Bahía Blanca, siendo la media de los meses de mayor precipitación (octubre y abril), de 90 mm.

Se adoptó para el cálculo, el 50% de la precipitación media mensual. Por lo tanto, el volumen y caudal pluvial resulta:

Volumen = 11000 m<sup>2</sup> \* 0,045 m/día = 499 m<sup>3</sup>/día  
Caudal Q = 499 m<sup>3</sup>/24 hr = 20,8 m<sup>3</sup>/hr

Con estos datos se consideró necesario construir un tanque de compensación, el que tiene un volumen de 750 m<sup>3</sup>.

Se efectuaron muestreos (total 336 extracciones) para determinar la calidad y característica del efluente a tratar. Estos muestreos se realizaron en forma simultánea con la realización de los aforos de caudales. La extracción de muestras compensadas, que se constituyeron por la suma de las muestras instantáneas, fueron tomadas cada 15 minutos durante el período de muestreo, y los volúmenes eran directamente proporcionales al caudal medido en el instante de medición.

Estas muestras compensadas fueron enviadas al Centro de Investigación de Ingeniería Ambiental (CIIA) del Instituto Nacio-

nal de Tecnología Industrial para realizar los análisis.

### Dimensionamiento de la planta de tratamiento

Considerados los resultados de los análisis de las muestras compensadas, se fijaron los siguientes valores para el cálculo del nuevo sistema:

|                |                        |
|----------------|------------------------|
| Volumen diario | 3800 m <sup>3</sup>    |
| Caudal máx     | 280 m <sup>3</sup> /hr |
| DBO máx.       | 300 mg/l               |
| Temperatura    | 45 °C                  |
| Fenoles        | 31 mg/l                |

De acuerdo con esta caracterización, se adoptó el sistema de tratamiento de lagunas en serie, ya que satisface las siguientes premisas:

1. Cumplimiento de la calidad con la reglamentación más estricta.
2. Operación sencilla.
3. Funcionamiento confiable.

### Sistema de tratamiento

Este sistema consiste fundamentalmente en un tratamiento biológico aeróbico suficientemente extendido, compuesto por tres (3) lagunas en serie, la primera para separación de flotantes; la segunda consiste en una laguna aireada aeróbica y como etapa final, una laguna aireada facultativa.

En su conjunto constituye un sistema de tratamiento muy seguro, confiable, de simple operación y que necesita una atención mínima.

El esquema de funcionamiento se muestra en el gráfico N° 1.

El desagüe cloacal (previo paso por cámaras sépticas) y el industrial escurren hacia el pozo de bombeo N° 1 cuya capacidad máxima es de 330 m<sup>3</sup>/hr. El excedente (durante las lluvias) escurre por gravedad al pozo de bombeo N° 2 de capacidad máxima 540 m<sup>3</sup>/hr.

Ambos pozos de bombeo envían a una

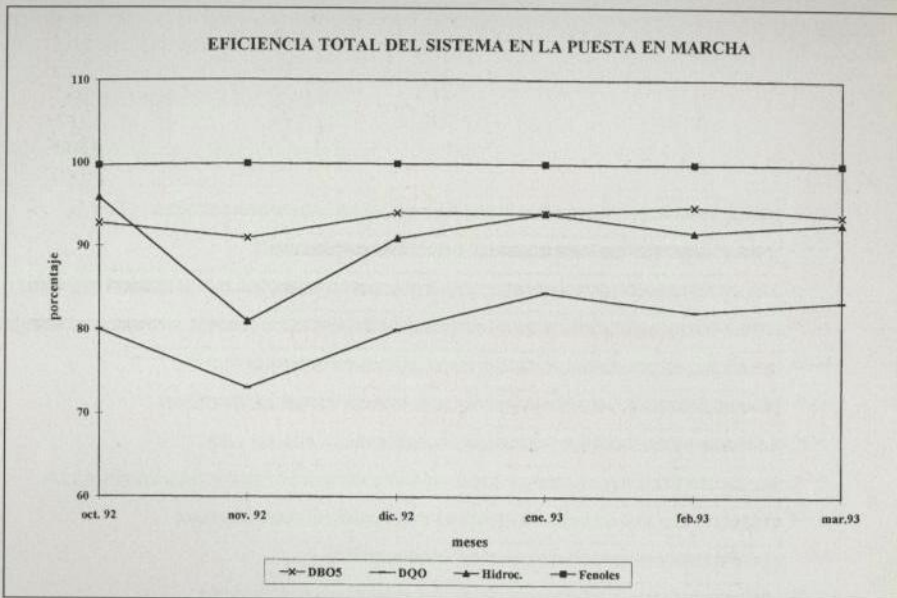
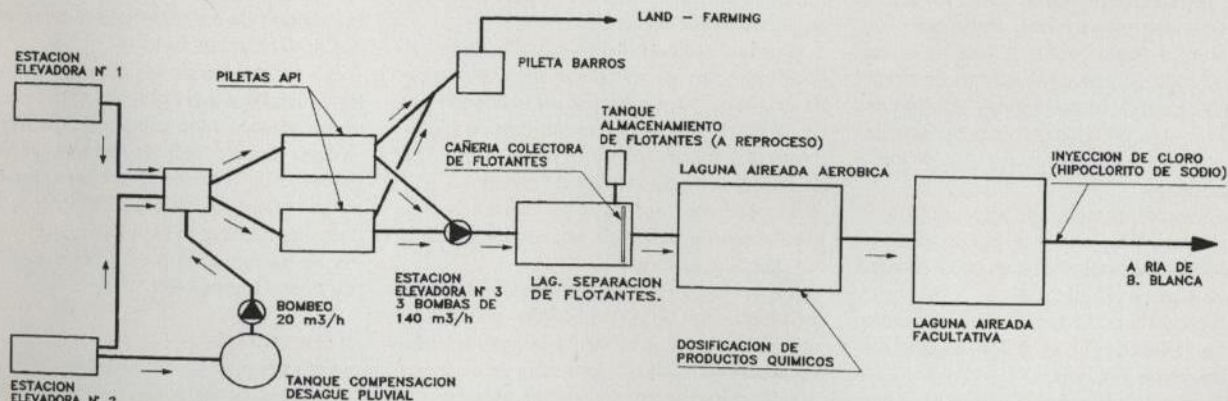


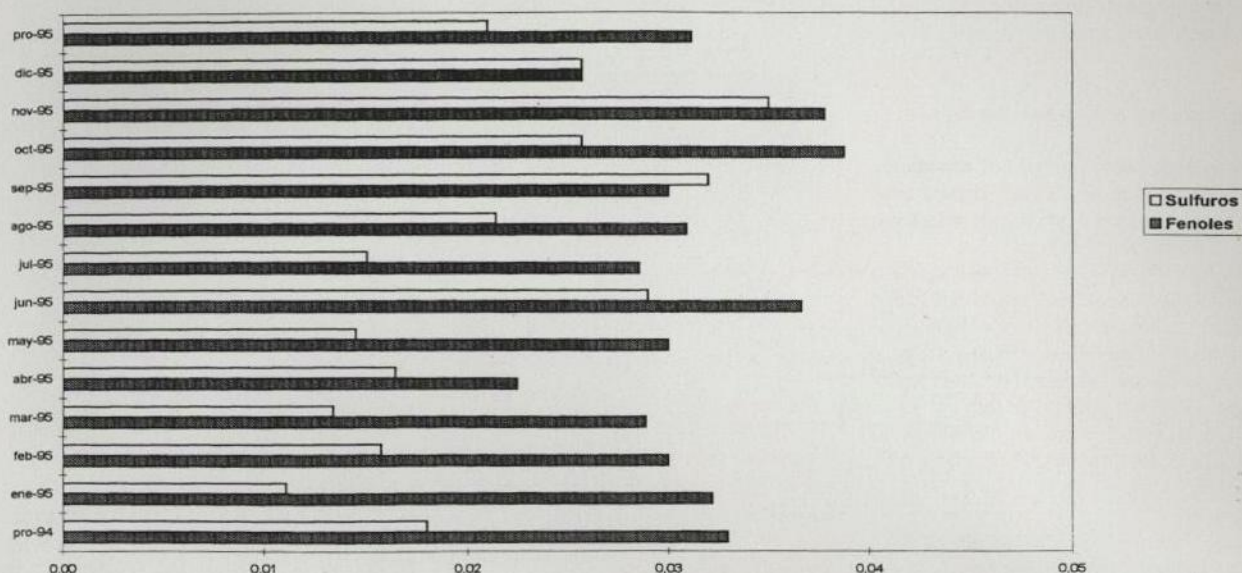
Gráfico 1





## EFLUENTES LÍQUIDOS

Contenido de Fenoles y Sulfuros (mgr/litro)



cámara partidora ubicada a la entrada de las dos (2) piletas API.

La cámara tiene por finalidad alimentar las dos separadoras mencionadas y desviar el excedente a un tanque de compensación mientras se produce la lluvia, en caso de ser necesario.

El volumen almacenado es enviado nuevamente a la cámara partidora a razón de 20 m<sup>3</sup>/hr. El efluente de las separadoras API descarga en el pozo de bombeo N° 3 de donde se envía con tres (3) bombas de 140 m<sup>3</sup>/hr cada una a la primera laguna denominada separadora de flotantes.

En la primera laguna (separadora de flotantes), el efluente que ingresa contendrá restos de hidrocarburos en suspensión muy pequeña que no fueron retenidos en las API.

El tiempo de permanencia es de 2,5 días (para las condiciones de diseño) para asegurar una elevada remoción de material flotante, el que se reprocesará en la Refinería.

Aquí se debería producir una pequeña actividad biológica anaeróbica con desprendimiento de gases como metano, dióxido de carbono y algo de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno, que sin embargo no hemos podido cuantificar.

Para mejorar el ambiente alrededor de la planta, se previó la implantación de una barrera arbórea perimetral que evita la dispersión de los gases producidos.

La laguna tiene 9500 m<sup>3</sup>, con un tirante líquido máximo de 2,7 m, un ancho de 41,5 m y un largo de 125,5 m.

La descarga de la primera laguna pasa por gravedad a un sistema de dos lagunas airea-

das en serie, cuya finalidad fundamental es la remoción de la materia orgánica y fenoles.

Además actúa como un regulador de calidades, previo a la descarga al cuerpo receptor. De las dos lagunas, la primera es del tipo aireada aeróbica y la segunda, aireada facultativa.

En la primera, la cantidad de oxígeno a incorporar será la necesaria para mantener condiciones aeróbicas uniformes en toda la masa líquida y la agitación será tal que no permita la sedimentación de los sólidos biológicamente formados en esta etapa.

La agitación e incorporación de oxígeno será efectuada por equipos aireadores de eje vertical y baja velocidad.

El cálculo de la laguna aireada aeróbica se efectuó siguiendo el modelo de Wesley Eckenfelder, con información climática del servicio meteorológico de la zona y los parámetros definidos cuando se realizó la caracterización de efluentes.

Como resultado de los cálculos efectuados, surge una permanencia para esta laguna de 5 días, lo que hace a un volumen neto de 19.000 m<sup>3</sup>, con un tirante líquido máximo de 2,5 m, un ancho de 68 m y un largo de 131 m (en condiciones de diseño).

El ambiente aeróbico se logrará con la instalación de ocho (8) aireadores mecánicos de 15 hp cada uno.

La descarga de la laguna aireada aeróbica constituida por líquidos y sólidos en suspensión, ingresa por gravedad a la laguna aireada facultativa, donde la potencia de los equipos de aireación mantendrá el oxígeno disuelto en la masa líquida predominante, pero

la agitación inducida no será tan intensa como para impedir la sedimentación de los sólidos biológicos provenientes de la segunda laguna y los que se conformen en la misma.

Estos sólidos sedimentarán y sufrirán una digestión anaeróbica a largo período y se irán estabilizando con producción de gases.

Esta porción anaeróbica estará cubierta por la masa de agua aeróbica en la cual se producirá la disolución de gases sin producción de olores al medio ambiente.

El cálculo de la laguna se efectuó siguiendo el modelo de Wesley Eckenfelder, en base a la temperatura ambiente y los parámetros de caracterización del efluente.

Como resultado, surge una permanencia de siete (7) días (en condiciones de diseño), lo cual determina un volumen de 26.600 m<sup>3</sup>, con un tirante líquido máximo de 2,3 m, un ancho de 77,6 m y un largo de 164,5 m.

El ambiente aeróbico se obtendrá con la instalación de cuatro (4) aireadores mecánicos de 10 hp cada uno.

La salida de esta laguna deberá desinfectarse, debido a que el efluente contiene el desague cloacal de los sanitarios de la Refinería.

Esta desinfección se logra agregando hipoclorito de sodio en la cámara para aforo.

Se considera cámara de cloración al conducto de descarga al cual se le da un tiempo de permanencia de media hora, establecido por la reglamentación.

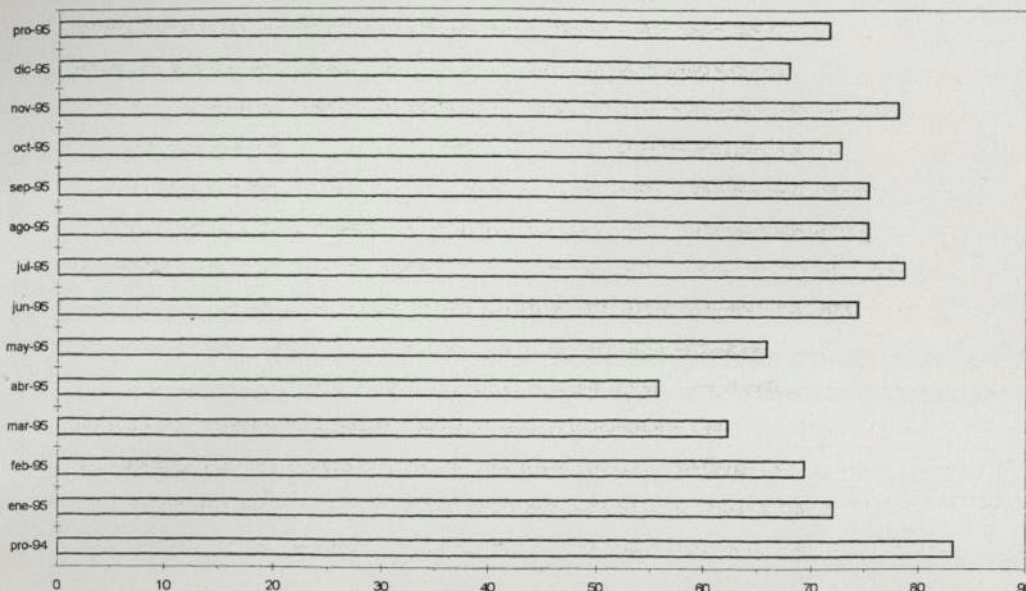
### Puesta en marcha

Se comenzó con el llenado de la laguna separadora de flotantes, bombeando efluente desde la piletta API. Simultáneamente se



## EFLUENTES LÍQUIDOS

Demanda Química de Oxígeno (mgr/litro)



comenzó a llenar la laguna aireada aeróbica con agua de incendio (cuya procedencia es de AGOSBA y del pozo surgente). Una vez producido el llenado parcial de la laguna aireada aeróbica con agua de incendio e iniciado el llenado de la laguna separadora de flotantes con efluente de los separadores API, se comenzaron los análisis para determinar las características del mismo.

Al llegar al nivel de rebalse de la laguna separadora de flotantes se inició la dosificación de fosfato disódico como nutriente y de ácido sulfúrico para la neutralización del pH.

En primera instancia, la dosificación de

fosfato se realizó en función de la DQO de entrada a la laguna aireada aeróbica.

En esta etapa se incorporaron a la laguna aireada aeróbica, como materia orgánica, 10 camiones atmosféricos conteniendo efluente cloacal puro.

Una vez logrado el nivel de desborde de la laguna aireada aeróbica, se procedió a poner en marcha los aireadores.

El 30 de septiembre de 1992, se produce el rebalse de la laguna aireada facultativa, y se inician los análisis del efluente de salida a la ría y la dosificación de hipoclorito de sodio. A pesar de la muy baja presencia de

bacterias coliformes, respecto de la reglamentación, se continúa la dosificación por exigencia de la misma.

Como resultado de la puesta en marcha, se pudo observar que la laguna separadora de flotantes, evidenció una significativa atenuación de los picos de calidad del efluente, absorbiendo las amplias fluctuaciones en la DQO y los fenoles de entrada. Esta laguna cumplió el objetivo de retener hidrocarburos, los cuales son reprocesados.

La laguna aireada aeróbica funcionó de acuerdo con el diseño, comprobándose que la concentración de sólidos volátiles (mi-

## CERTIFICACION DE CALIDAD EN CARTELERIA INSTITUCIONAL

- HOMOLOGACIÓN DE MARCAS, INSUMOS, PRODUCTOS E INSTALACIONES
- NORMALIZACIÓN DE PROCESOS, TRANSPORTE E INSTALACIONES
- PLANES DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, ACCIDENTE O CATÁSTROFE



大  
君

**TAIKUN S.A.**

CONTROL DE CALIDAD EN VIA PUBLICA

Conde 1147

(1426) Buenos Aires

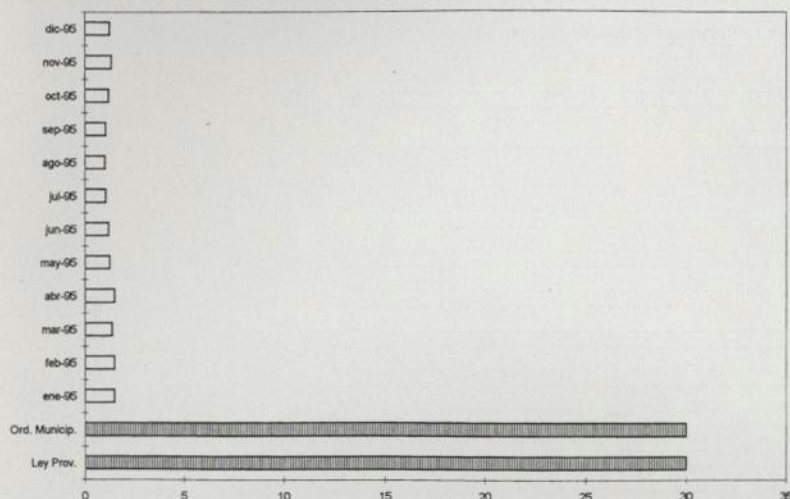
Argentina

Tel./Fax: 552-6361 / 788-9186



Gráfico 5

Contenido de Hidrocarburos (PPMVol)



Ley Provincial 5965, Decreto 287 de la Administración General de Obras Sanitarias

croorganismos) es variable y se autoregula de acuerdo con la carga orgánica.

La laguna aireada facultativa trabajó como unidad de afinamiento final, observándose eficiencias normales para este tipo de sistemas.

La eficiencia global durante el período de puesta en marcha de la Planta de Tratamiento se observa en el Gráfico 2.

### Experiencias operativas

En los tres años de operación de la planta, no se han observado cambios significativos en la calidad del efluente. El sistema en sí mismo se autoregula frente a los cambios que pudiese sufrir la planta bajo condiciones anormales como por ejemplo paradas de planta o inconvenientes operativos de diversa índole. Cabe aclarar que los picos de variaciones que sufre el efluente de planta son amortiguados por la pileta separadora de flotantes. Las variaciones estacionales de la actividad bacteriana se ven reflejadas en el índice de degradación de los compuestos de nitrógeno. Sin embargo esta disminución no altera la calidad final del efluente frente a los parámetros principales de salida de nuestro efluente. En los gráficos 3, 4 y 5 se muestran los valores observados de salida de fenoles y sulfuros, hidrocarburos y DQO del año 1995.

Con respecto al consumo de productos químicos, en el gráfico 6 se puede observar la variación de los mismos.

El consumo de fosfato ha disminuido en los primeros meses del año debido al cambio del tipo de fosfato agregado. Anteriormente se agregaba fosfato disódico el que se reemplazó por hexametáfosfato de sodio.

También se observa un aumento del mismo a mediados del año, esto se debe a que la actividad bacteriana disminuye en esta época por las condiciones meteorológicas de la zona (bajas temperaturas, poco período de luz solar, etcétera).

La disminución del agregado de ácido sulfúrico es atribuible a la optimización del funcionamiento de la planta de tratamiento de agua de alimentación a calderas, la que generó un efluente con un rango de pH más acotado.

El agregado de hipoclorito de sodio se realiza a efectos de cumplir con la legislación vigente debido a que en la planta de tratamiento de efluentes líquidos se tratan los efluentes industriales, cloacales y pluviales.

### Re-uso de agua

El suministro de agua a la Refinería se realiza por 2 fuentes: el pozo de agua surgente y la línea de red. El caudal que aporta el pozo es fijo y no es suficiente para abastecer todos los consumos de agua de la Refinería. En todo momento la diferencia entre lo consumido y lo que aporta el pozo se cubre con agua de red.

Lo dicho anteriormente significa que un aumento o disminución de consumo de agua, en cualquier punto de la Refinería, implica un aumento o disminución de consumo de agua de red.

El costo de agua de red es de 1.05 \$/m<sup>3</sup>.

Cabe acotar que, durante el verano, la presión de suministro de agua disminuye considerablemente. Ello obliga a restringir algunos usos para mantener el nivel de los tanques de agua de incendio en los valores requeridos.

Analizando el balance de agua de la refinería, desde su origen hasta su destino final, se evaluaron distintas alternativas para disminuir el consumo de agua. Dadas las condiciones físico-químicas del efluente, se arribó a la conclusión de que es posible volver a usarlo.

Los probables puntos de consumo para el agua de efluente son:

- A) Reposición de tanques de agua de incendio.
- B) Agua de servicio.
- C) Reposición de torre de enfriamiento.

Cada una de estas posibilidades se analizó teniendo en cuenta el tratamiento necesario, la inversión y el consumo de cada propuesta.

### Opción A - Reposición de tanques de agua de incendio

Si se comparan las composiciones típicas de la actual reposición de los tanques de agua de incendio (tanto agua de red como agua de pozo) y del efluente, surgen los siguientes comentarios:

- Es imprescindible filtrar el efluente para evitar que los sólidos en suspensión se depositen en la red de incendio. Teniendo en consideración el contenido de sólidos (50-100 ppm), es necesario utilizar un filtro de tipo autolimpiante para evitar altos costos operativos y de mantenimiento.
- El mayor contenido de sales como cloruros es un parámetro a tener en cuenta por sus posibles efectos corrosivos. Si se verifica un aumento en la velocidad de corrosión del tanque de incendio, se deberá instalar un ánodo de sacrificio o pintar con un revestimiento anticorrosivo dicho tanque.

Adicionalmente, y teniendo en cuenta que el punto de conexión entre el sistema de tratamiento de efluentes líquidos y la refinería es antes del punto de cloración, y debido a la presencia de bacterias aerobias, se considera necesario dosificar cloro en la corriente de salida para evitar el crecimiento bacteriano en la red de incendio.

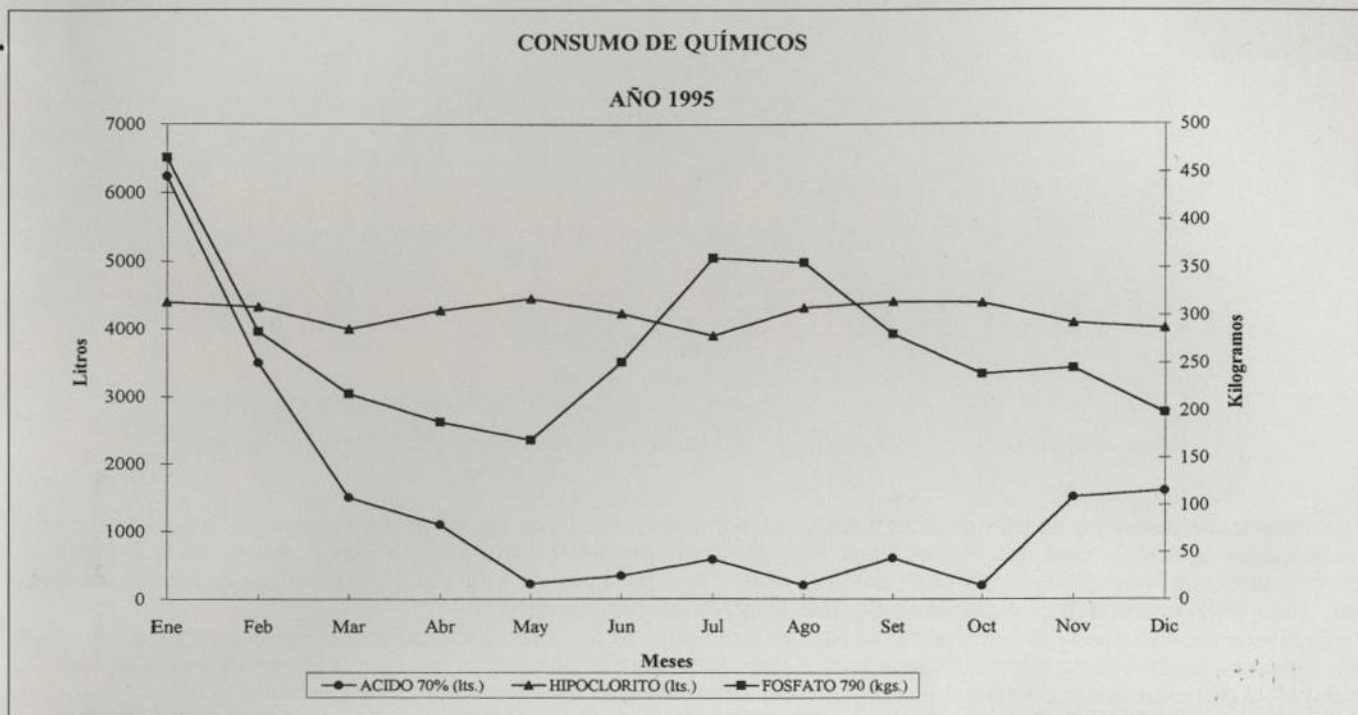
De acuerdo al balance de agua, el consumo aproximado de agua que deberíamos reponer en los tanques de incendio 15 m<sup>3</sup>/h.

La inversión mínima necesaria consiste en la instalación de un filtro, una bomba y la cañería para impulsar el agua desde la cámara de la pileta aireada facultativa hasta el tanque de agua de incendio.

En el rubro Mecánica se consideró el costo del filtro autolimpiante, mientras que la bomba (con su motor respectivo) y la cañería de interconexión, son materiales recuperados existentes en la refinería. La capacidad de la bomba es de 80 m<sup>3</sup>/h y la cañe-



Gráfico 6



ría es de 6 pulg. de diámetro.

La obra civil comprende la conexión de la succión de la bomba a la cámara y la base de la bomba/motor.

Los costos de mantenimiento se asumieron como el costo de 16 horas hombre por mes.

El costo operativo es la energía eléctrica consumida por el motor de la bomba.

El ingreso del proyecto es el ahorro de 15 m<sup>3</sup>/h de agua de DOSBA a 1.05 \$/m<sup>3</sup>.

#### Opción B - Agua de servicio

Se considera que el tratamiento propuesto en el punto anterior (filtración y cloración) es suficiente para este uso.

La inversión mínima requerida sería la instalación de una bomba y la cañería principal, igualmente a lo indicado anteriormente.

Además, en este caso se deben realizar las conexiones de dicha cañería principal con cada uno de los posibles consumidores: estaciones de servicio, agua de sello para antorcha, etc.

El consumo que podríamos abastecer en este caso sería de 10 m<sup>3</sup>/h.

#### Opción C - Reposición en torre de enfriamiento

Nuevamente la inversión mínima requerida sería la instalación de una bomba y la cañería principal.

El consumo que se podría abastecer sería de 25 m<sup>3</sup>/h.

Se está evaluando el tratamiento necesario para poder re-usar el agua en cuestión en la torre de enfriamiento; se están realizando

las consultas pertinentes a la empresa que está tratando actualmente el agua de enfriamiento.

Los aspectos a tener en cuenta en el acondicionamiento son:

- Desarrollo de algas en el sistema de enfriamiento.
- Concentración de sales solubles.
- Impacto sobre los indicadores de performance del sistema.

De las alternativas factibles para disminuir el consumo de agua de red, la de más rápida y fácil implementación es el re-uso de agua efluente de Refinería en la reposición al tanque de agua de incendio. La inversión para tal fin tiene una tasa interna de retorno del 116% y un tiempo de retorno inferior a un año.

La realización de esta inversión se puede considerar como una primera etapa en el proyecto de re-uso de agua efluente de Refinería y continuar implementando el resto de las opciones, ya que la implementación de la opción A "Reposición en tanques de agua de incendio" es perfectamente utilizable para el resto de las opciones (agua de servicio o reposición de torre de enfriamiento).

Esta primera etapa mejoraría notablemente la situación de escasez de agua en los momentos de consumo pico (verano). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el uso de agua efluente de Refinería como reposición al tanque de agua de incendio podría agravar los problemas de corrosión que hoy sufre el sistema de agua de incendio.

#### Conclusiones

La obra de re-uso de agua será realizada en etapas, comenzando con la reposición al tanque de agua de incendio. Luego de realizada esta primera etapa, se determinará la necesidad de instalar o no un ánodo de sacrificio o pintar interiormente con pintura anticorrosiva el tanque de agua de incendio. Dicha determinación se debe basar en la medición periódica de espesores en dicho tanque.

Se implementará un sistema de seguimiento, el que consiste principalmente:

- Medición de la velocidad de corrosión con un "Corrater" (equipo que mide corrosión uniforme y corrosión por *pitting*).
- Monitoreo de la acción bacteriana: se realizará un seguimiento semanal de bacterias aerobias totales, bacterias sulfatorreductoras y bacterias precipitantes del hierro.
- Cupones de corrosión: se instalarán en la línea de succión del tanque de agua de incendio.