

DISMINUCIÓN DE CONSUMO DE AGUA DE RED Y EFLUENTES ACUOSOS A TRAVÉS DE LA GESTIÓN DE LAS FUENTES Y EL REUSO

Miguel Ángel Porras, Petrobras

Resumen:

El trabajo muestra la progresión de la disminución de consumo de agua de red por la ejecución de acciones en la refinería a fin de asegurar la operabilidad de la refinería frente a posibles cortes de suministro a producirse en el futuro.

También muestra la importancia de la realización de una supervisión dedicada puntual sobre la operación a fin de cambiar hábitos operativos que han sido afectados por las reformas y las tareas de capacitación tendientes a dejar de lado viejos preconceptos.

Como conclusión resalta la importancia del seguimiento como herramienta de verificación de cumplimiento de las metas y la identificación de futuras mejoras.

Introducción:

El trabajo realizado para la disminución del consumo de agua de red surge como respuesta a una necesidad operativa, ocasionada por deficiencias en la red y en la concepción de distintos usuarios de la planta.

Posteriormente se adoptó un análisis de un escenario de disminución de disponibilidad y la necesidad de destinarla prioritariamente al suministro humano, de esta manera como una necesidad de disminuir la dependencia de la estabilidad operativa ante los posibles cortes de suministro de agua por parte de la empresa prestataria.

Aquí se muestran como se realizaron en forma escalonada, tareas de identificación de consumidores de agua fresca, atacando en un principio a los consumidores directos, y a aquellas corrientes que en forma paralela ocasionaban un problema de proceso, para luego, a través de un estudio más profundo entrar a buscar consumidores indirectos y fuentes alternativas puntuales de suministro.

También se muestran los inconvenientes encontrados para lograr resultados positivos de las obras realizadas y las medidas adoptadas para paliar esta situación.

Desarrollo:

Background:

La ciudad de Bahía Blanca está situada geográficamente en el límite pluviométrico de la pampa húmeda, sobre la línea isoyeta de los 600 mm de precipitación anuales.

Por otro lado el suministro de agua potable se realiza desde un dique situado a 50 Km de distancia de la ciudad, que es alimentado por el arrollo Sauce Grande y que, a la fecha del inicio del programa de mejoras sufría de una disminución de su capacidad operativa debido a fallas en su estructura, lo que obligaba a operarlo con muy baja cota de nivel.

Por el lado de la refinería, el suministro de agua fresca se hace desde un pozo profundo de surgencia natural, que suministra aproximadamente 60 m³/h de agua hipothermal con una temperatura de 57 °C; y se complementa con agua potable proveniente de una red de acueductos

que en ese momento también alimentaba al polo petroquímico y a la Central Termoeléctrica Luis Piedrabuena. Esto causaba limitaciones que le impedían suministrar el caudal de 100 m³/h a 2,5 Kg/cm² de presión pactados, situándose el suministro en un caudal de 60 m³/h a una presión de 1.5 Kg/cm² además, en época estival, disminuía la presión de suministro a unos pocos gramos lo que ocasionaba grandes problemas para alimentar a la torre de enfriamiento, obligando en más de una oportunidad a restringir la operación de las unidades por este motivo.

Otro problema serio que se sufría, principalmente durante el verano, debido a la poca disponibilidad de agua y al uso para refrigeración externa de mazos, que se realizaba con agua del servicio de lucha contra incendios era que las existencias de los tanques llegaba a bajar hasta el 50% de su altura nominal.

Además, el costo unitario del agua de red era muy elevado, con lo cual cualquier modificación que implicara un ahorro de consumo resultaba con tiempos de repago más que interesantes y en ninguno de los casos más allá de los 3 años.

Así nació el plan de ahorro de agua, más como una necesidad operativa que por un plan previamente estructurado.

Primeros Pasos:

Luego de la puesta en marcha de la refinería en el primer semestre del año 1989, uno de los inconvenientes hallados fue que no se podían levantar ciclos de concentración en la torre de enfriamiento. Por este motivo se comenzó a estudiar dicho circuito, encontrándose con numerosos equipos operando con descarga a drenaje, entre ellos:

- .28 bombas de la unidad de destilación atmosférica Topping 1, construida en el año 1971 y en la que no fue prevista su adecuación con la entrada de servicio de las plantas nuevas en el año 1989 y de la cual el agua se descargaba contaminada con hidrocarburo.
- .2 turbinas de los Ventiladores de Tiro Forzado(VTF) de las calderas.
- .2 recuperadores de calor de chimenea Ljunstrom de las calderas.
- .4 bombas de alimentación de agua para calderas y calderetas.
- .10 bombas usadas para trasvases en el parque de tanques y bombeos al poliducto, y
- .Todos los saca muestras de plantas.

Además, en los retornos de la torre de enfriamiento se perdía agua por salpicaduras hacia fuera de la torre.

Así se midieron los caudales descargados a drenaje por cada uno de estos equipos, encontrando que los saca muestras descargaban aproximadamente entre 4 y 6 m³/h cada uno, las bombas 2 m³/h cada una y el Topping 1 en su conjunto 9,5 m³/h teniendo cerradas las bombas que no se encontraban en servicio y restringido el caudal de las que si lo estaban.

A fin de corregir esto se implementaron procedimientos para que queden cerrados los saca muestras luego de que se sacaran las muestras, se restringió el agua de enfriamiento de los Ljunstroms y se realizaron modificaciones en planta para recuperar el agua de las turbinas de las calderas así como el de las bombas de alimentación a calderas y se creó un circuito cerrado de agua de enfriamiento para las bombas de topping1 con reposición de agua de planta.

También se reformaron las líneas de retorno a la torre de enfriamiento montando unas cajas distribuidoras a fin de eliminar las pérdidas de agua por salpicaduras, lográndose de esta manera poder trabajar a 2,3 ciclos de concentración.

Por otro lado, el sistema de Vapor de 3.5 Kg/cm^2 (50#) de refinería, disponía para controlar la presión de dos lazos de control, uno para laminar el vapor en defecto desde el colector de 17 Kg/cm^2 (250#) y otro para ventear el vapor excedente a la atmósfera, y por causa del balance de dicho colector se venteaba vapor en forma permanente.

Se realizó un seguimiento a lo largo de un año a fin de contemplar las variaciones estacionales, calculando el vapor venteado en función de la apertura de la válvula considerando una formula que era función del C_s y los respectivos C_v para cada porcentaje de apertura de la misma, hallando un venteo promedio de 6.8 Ton/h.

También en la planta de tratamiento de agua para calderas, por una falla de diseño, al termino de la regeneración presentaba valores de conductividad superiores a $200 \mu\text{S/cm}$ por lo cual era necesario enjuagar el anión durante dos o tres horas a un caudal de $40 \text{ m}^3/\text{h}$ para poder hacer entrar la conductividad en valores aceptables del orden de $50 \mu\text{S/cm}$ para ponerla en producción.

Ahí se realizó un estudio de las curvas de regeneración de las resinas a fin de determinar si los volúmenes de regenerante usados eran los adecuados encontrándose que las cantidades recomendadas por el fabricante de la planta eran mucho más grandes que las necesarias, así se ajustó la dosificación de químicos en función de este cálculo, por otro lado se realizaron curvas del título alcalinimétrico completo del efluente durante el enjuague final del anión buscando el punto en que se hacía inferior al aporte de cationes del agua Bruta, y en función de esto se realizó una reforma para recircular la cadena en lugar de disponer el efluente a drenaje y logrando obtener un agua con una conductividad de $2 - 10 \mu\text{S/cm}$ con el consiguiente ahorro en la purga de calderas que trajo aparejado.

También, y con motivos de garantizar las existencias de los tanques de agua de lucha contra incendio, le montó una bomba con una capacidad de bombeo de $80 \text{ m}^3/\text{h}$ a 8 Kg/cm^2 de presión a la salida de las piletas facultativa del sistema de tratamiento de efluentes y se construyó una línea para reusar el agua a la línea de carga de uno de los tanques de incendio, constituyéndose en la primera obra de reciclo de efluentes de la refinería y de la región.

Durante el año 1996, con la entrada en servicio de las unidades de hidrotreatmento y el revamping de las unidades de destilación atmosférica, se modificó el circuito de agua de enfriamiento del topping 1, recuperando el agua del mismo, con lo que se logró levantar los ciclos de concentración posibles en la torre de enfriamiento a 4.

También durante ese mismo año, con el consumo de agua de red estabilizado en torno a los $60 \text{ m}^3/\text{h}$, se contrató a un grupo especial de Advanced Reuse Technology de la empresa Nalco con sede en Estados Unidos, a fin de realizar un estudio de las posibilidades de ahorro y reuso de agua en la refinería, este estudio, si bien no hizo un aporte significativo de oportunidades de ahorro de agua fresca, que no hubiesen sido identificadas a priori, marcó un punto de inflexión en el modo de trabajo, incorporando el concepto de ahorro, reuso y reciclo como orden de eventos a seguir para la disminución de consumo de agua de red.

Así se implementó por primera vez un plan estructurado de ahorro de agua, incluyendo en el presupuesto las partidas correspondientes a obras previamente evaluadas

Plan de ahorro de Agua:

Dentro de este plan, en el año 1998 se realizaron 6 obras a saber, recuperación parcial del condensado de la central de combustibles estimado por balance de energía en $0.5 \text{ m}^3/\text{h}$, recuperación de condensado de sello de las válvulas sapo del condensador de superficie de las

máquinas de la unidad de Craqueo catalítico Fluido (FCCU) estimado por medición en 3 m³/h, recuperación del condensado de calefacción al edificio de mantenimiento estimado por medición en 2,4 m³/h y prorrateado a 1,1 m³/h durante todo el año, recuperación del agua de refrigeración de una bomba de bombeo de producto blanco al poliducto estimado por medición en 1,9 m³/h y recuperación de la descarga de la cuponera de un intercambiador de FCCU estimado por medición en 2 m³/h.

El volumen esperado de recuperación sumado era de 11 m³/h no obstante, en la práctica, no se percibió dicha disminución.

Durante el año 1999 debido a la carga presupuestaria del paro de planta programado en FCCU solo se presupuestaron tres obras, ellas fueron el reemplazo de agua fresca por agua de efluentes en las estaciones de servicio de planta y sello hidráulico de antorcha con un caudal estimado por medición en 13.4 m³/h, la recuperación de condensado del tracing de la línea de asfalto a tanque estimada por medición indirecta en 0.5 m³/h y la terminación de la recuperación de condensado de la central de combustibles estimada por balance de energía en 0.5 m³/h.

El volumen esperado a recuperar era de 14.4 m³/h, lo que sumado a lo que venía de arrastre del año anterior hacía un ahorro total de 25 m³/h, no obstante para octubre, luego del paro de FCCU el caudal de agua de red se mantenía en 54 m³/h.

Como consecuencia de que no se notara la disminución de consumo esperada, en Noviembre se decide iniciar con un plan de seguimiento de la operación a usando como herramienta la realización de auditorías diarias con informe al personal de elaboración.

De esta manera, en el termino de 5 meses se logró una disminución de consumo de agua de red que llevó su consumo a 32 m³/h.

Entre los principales puntos identificados se encontraron: bombas descargando al piso que al preguntarle al personal de elaboración responsabilizaban a personal de mantenimiento, y al consultarle al personal de mantenimiento responsabilizaban al personal de elaboración, el excedente de agua de pozo surgente que se había liberado por el aumento de la recuperación de condensado y el ahorro de agua de planta era destinado a carga de tanques de incendio reemplazando al agua de reciclo, en lugar de ser desviado para su uso como reposición a la torre de enfriamiento. También se encontró al tanque de reposición del desalador rebalsando, este tanque recibe agua del pozo surgente para completar el caudal de agua necesario procedente de las plantas de proceso.

Luego de concluido el período de auditorías se dio por sentado que se mantendrían las premisas de operación alcanzadas pero al desaparecer la presión se observó un retorno a la zona de confort y en dos meses el consumo de agua aumentó un 20%.

Al mes siguiente, y dado que por rotura del medidor de provisión de agua potable, se estaban reportando los consumos propios a la empresa proveedora para facturación se realizó una verificación conjunta del instrumento contra una piletta previamente calibrada. El motivo de esta medición consistía en mostrar que la disminución de consumo de agua de red obedecía a obras realizadas en la refinería y no a una tergiversación del instrumento de medida.

La sorpresa fue que al realizar dicha constatación se encontró que el instrumento presentaba un error en más que superaba el 30 %, lográndose ese mes, luego del ajuste del medidor, el record hasta ese momento de 26.6 m³/h.

No obstante el consumo siguió con tendencia a la suba, recuperando en Noviembre la marca anterior al ajuste de rango del caudalímetro de 38.6 m³/h.

En el ínterin de esta suba, entró en servicio otra obra de reuso de agua, consistente en un sistema de neutralización de efluentes de la Planta Desmineralizadora con segregación de efluentes de alta y baja mineralización, que debía recuperar unos 82 m³/día equivalentes a 3.4 m³/h de promedio diario. No obstante su puesta en servicio no alteró la tendencia a la suba ya que por ser su operación principalmente manual, presentó resistencias varias para su uso, que se explican en un trabajo especial dedicado a ese tema.

Otro de los motivos del aumento de consumo estuvo marcado con el criterio de maximizar el aporte de agua de red a la reposición de la torre de enfriamiento en detrimento al envío del agua hipertermal del pozo surgente, esta situación se daba por la creencia de que al poseer esta agua una temperatura de 52 °C, su reposición a la torre incrementaba la temperatura del agua de suministro de agua de enfriamiento a las plantas en varios °C, y por lo tanto se destinaba principalmente a carga de los tanques de incendio.

Esta Situación motivó la ejecución de un estudio teórico del funcionamiento de la torre de enfriamiento y la simulación del comportamiento del agua enfriada en función de la temperatura del agua de reposición, realizándose una simulación para varias relaciones de agua de pozo, en ellas se observó una diferencia de solo 3 décimas de grado para el caudal promedio diario que se estimaba mandar en función de los demás consumos. No obstante vencer el paradigma de la incidencia del agua caliente se hizo difícil, y no fue hasta después de la realización de varias pruebas en planta que se logró convencer de la veracidad de los resultados de la simulación.

Uno de los Puntos fundamentales que conspiró en contra fueron las torres de enfriamiento en si, que en nuestra refinería fueron construidas en dos etapas, la primera una torre construida bajo un criterio tradicional, de hormigón con relleno tipo splash, con flujo de aire cruzado y un delta de temperatura de diseño de 18 °C y la segunda, de tipo compacto, con relleno laminar, flujo cruzado pero con un salto térmico de diseño de 12 °C, torre que adicionalmente contó con otro inconveniente como fue que en el momento de la provisión, el equipo suministrado tenía las dimensiones y potencia de ventiladores correspondientes a dos modelos más chico que el ofertado en el período de licitación e informado en la chapa del equipo y que no pudo cumplir con las pruebas de garantía, torre que estaba diseñada para operar en paralelo con la torre ya existente y que por ser de inferior altitud que esta competía desfavorablemente por el caudal de circulación, esto causaba que fuera necesario estar constantemente regulando el caudal de los retornos a fin de no superar el caudal admitido por las mismas y cuyo efecto sobre la mezcla total producía un incremento de entre 3 y 6 °C en el suministro de agua dependiendo de la distribución de caudales y la temperatura ambiente.

Con el proceso de transferencia de Repsol a Petrobras en el año 2001 y la distensión de la situación del dique Paso Piedras, debido a las abundantes precipitaciones registradas, solo se realizaron un par de obras que recuperaron el condensado de las áreas de proceso correspondientes a la totalidad del reductor de Viscosidad y el FCCU, a las que se sumó hacia finales de año uno de los topping y la unidad de Vacío, aunque sus incidencias quedaron disimuladas.

En el año 2002 se implementó una mejora en el sistema de control de las piletas de captación del pozo surgente, automatizando el envío al colector de suministro a la torre de enfriamiento, lográndose una disminución de casi un 50 % sobre el consumo de agua de red.

Simultáneamente se trabajó en mejorar el funcionamiento del striper de aguas agrias, por distintos motivos que el de ahorro de agua, así se logró disminuir el ph del agua stripeada de 10 a 7.5 con lo cual quedó apta para su reuso como carga al desalador.

Ya en el 2003 se logró incorporar como objetivo para la evaluación de la gestión de desempeño de la supervisión del sector que controla el agua, la disminución de consumo; esto, sumado a una nueva etapa de auditorias y seguimiento de los distintos consumos ha estabilizado el consumo en torno a los 20 m³/h.

En estas condiciones hemos afrontado un par de cortes de suministro de agua de red por malas maniobras en el acueducto, sin transtornos para la operación ya que fue posible superar los mismos usando las reservas de agua de las piletas de captación del pozo surgente y de los tanques de condensado y agua desmineralizada, aunque estos cortes no se han prolongado más allá de las 8 horas por lo cual se sigue trabajando a fin de lograr una operación sustentable independiente del uso de agua de red.

Como obras previstas para este año se encuentra la terminación de la recuperación de condensado de las plantas de proceso, y lograr el recambio de trampas defectuosas que obligan a volcar a drenaje varios de los circuitos de condensado recuperado, se están coordinando una serie de pruebas para vencer el prejuicio de la necesidad de operar las calderetas de planta a bajos ciclos de concentración para evitar arrastre y así lograr un ahorro de 20 m³/día.

Se está trabajando en el control del vapor inyectado al sistema de gas residual, si bien este sistema consta de un control en base a una curva realizada puntualmente, se está trabajando la misma para adecuarla a las variaciones de calidad del gas así como incorporarle una función de ajuste en función de la velocidad del viento y el aumento automático de vapor en horario nocturno para disminuir la contaminación lumínica por seguimiento de la hora de salida y puesta del sol, actualmente estas variaciones son realizadas manualmente por el operador de consola que ajusta un bias de acuerdo a información visual recibida de campo y de un monitor con cámara dedicada que posee en su consola. Con esta mejora se prevé una disminución de 1 ton/h.

Se sigue trabajando en la concientización del personal y supervisión a fin de que una vez finalizado este segundo período de seguimiento intensivo de la operación el sistema se mantenga operando bajo los mismos parámetros.

Por otro lado se continúa auditando la planta a fin de buscar permanentemente corrientes que puedan ser recicladas y se incluyó en el contrato de suministro del tratamiento de la torre de enfriamiento una cláusula para trabajar con el proveedor del tratamiento con el objetivo de reciclar parte del efluente de la refinería como alimentación a la torre de enfriamiento.

Respecto de este punto ya se habían realizado dos experiencias para intentar filtrar los sólidos en suspensión debidos principalmente a la presencia de algas en el agua de efluente tratada que se envía a los tanques de incendio y estaciones de servicio de lavado de planta con miras a su posterior uso como reposición parcial a la torre de enfriamiento.

En la primera, se adoptó una batería de filtros autolimpiantes de origen Israelí con igual tamaño de malla que los que se instalaron en el dique paso piedras para filtrar algas, pero no se notaron resultados apreciables.

En la segunda se compró un filtro de origen Americano con cartuchos de 1 micrón cuyos resultados de laboratorio eran satisfactorios, pero nuevamente se repitieron los resultados desfavorables ya que se producía un ensuciamiento irreversible de los cartuchos.

Se realizó el reclamo dentro del alcance de la garantía a la firma proveedora, que hizo viajar a un profesional desde Estados Unidos para realizar una serie de pruebas, tras las cuales, decidieron cambiar el modelo por uno que utilizaba un tanque de reserva de agua de contra lavado, ya que opinaban que el problema era que la presión de contra lavado no era suficiente, nuevamente se repitieron los resultados negativos ya que seguía produciéndose el ensuciamiento de características irreversibles y como consecuencia se by-paseaban los cartuchos por el O-ring de sello de la carcasa, o bien se reventaban los cartuchos durante el contra lavado.

A Futuro:

Como posibilidades de disminución de agua a futuro contamos con un registro de obras posibles, las que actualmente se encuentran pendientes de evaluación y entre las cuales se encuentran:

- Reciclo de la purga de calderas y calderetas a la Planta desineralizadora o a la torre de enfriamiento con un ahorro estimado de 2 m³/h.
- Enfriamiento del retorno de agua de enfriamiento para disminuir la evaporación con un ahorro estimado de 1.8 m³/h por cada ½°C de disminución en la temperatura de retorno.
- Reemplazo del vapor del Stripper de aguas Agrias por un reboiler con un ahorro estimado de 1.3 m³/h.

Mención Especial:

Hasta la fecha se ha desestimado el reemplazo de la Planta Desmineralizadora de Agua por una de Ósmosis inversa por el rechazo de agua que posee esta última que llega al 30 %, la implementación de una planta de este tipo solo se justificaría en caso de que pudiese ser alimentada con agua de reciclo.

Conclusiones:

Los principales ahorros fueron realizados mediante obras de disminución de consumo y el reuso de corrientes efluentes de alta calidad en aplicaciones que no requerían agua fresca.

Fundamental resultó lograr el compromiso del personal de operación mediante la realización de charlas permanentes a fin de mostrar la realidad de los motivos que llevaron a buscar el ahorro de agua así como los métodos que se emplean para su monitoreo.

Recomendaciones:

Para lograr una ahorro sustentable de agua es prioritario realizar un inventario detallado de todas las corrientes correspondientes a todos los usuarios de agua y vapor en la refinería.

En este inventario se deberá incluir calidad de agua utilizada y requerida, la cantidad puntual y promedio de uso, la causa de las variaciones y las consecuencias posibles de su racionalización o su reemplazo por corrientes de calidad inferior.

En función de las corrientes inventariadas se deberá identificar cuales corrientes de agua pueden:

- Disminuirse.
- Reusarse.
- Reciclarse.

Analizar las tecnologías disponibles en el mercado y verificar su operabilidad en condiciones similares, o fomentar acuerdos con los proveedores por la operación de equipos bajo la modalidad de leasing y posterior compra cuando el equipo ha demostrado su eficacia.

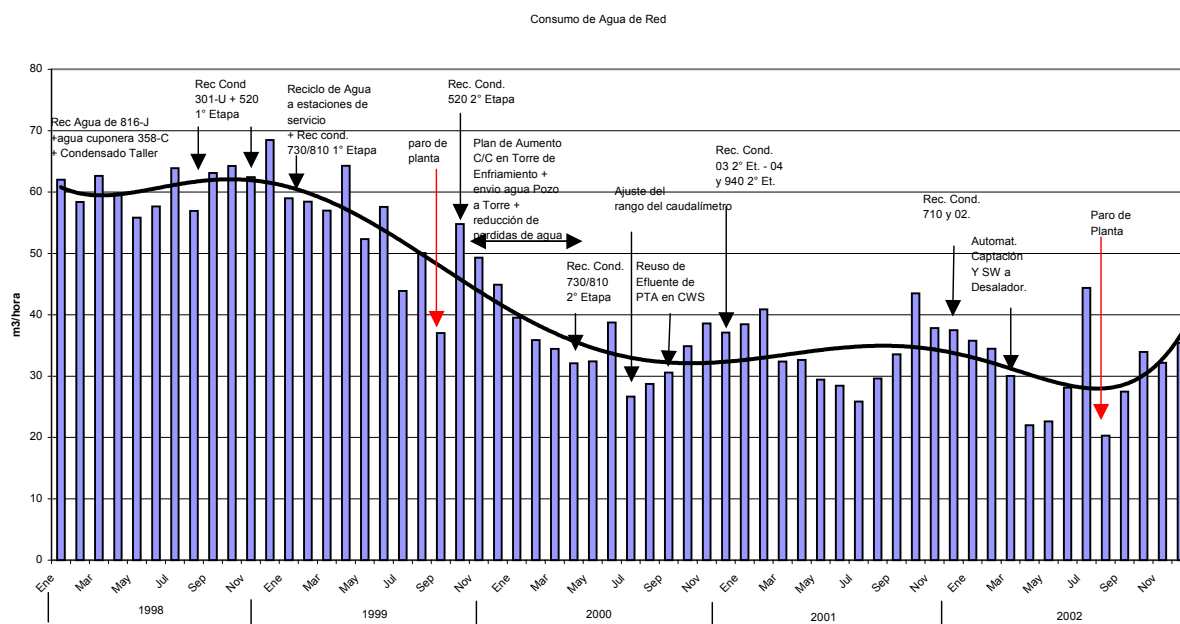
No hay que olvidar que la participación del personal de operación es fundamental a fin de que no queden enmascarados los resultados del plan de ahorro, para ello puede ser útil implementar algún tipo de estímulo por premios y castigo.

Para cerrar debe preverse la realización de un seguimiento intensivo durante los primeros días de la puesta en servicio de cada una de las mejoras que se introducen a fin de detectar tempranamente que complicaciones puedan surgir y efectuar las correcciones antes de que se genere el criterio de que la modificación no sirve.

Bibliografía:

Documentación interna de Refinería.

Figuras:



Consumo Agua Red

