

3539

June

628.43
I 46
2002

S. F. Hodas

Informe Final

Código Proyecto 200 - 2233

" Planta Piloto de Reciclado de Aguas y Detergentes de
Centros de Lavado Automático de Automóviles "

BIBLIOTECA CONFO

INGEPRO LTDA.

628.43
I 46
2002

Fecha Entrega Informe
08/07/2002

PRESENTACIÓN

En el último decenio, se constata que el país ha sabido enfrentar con éxito el desafío impuesto por la política de apertura en los mercados internacionales, alcanzando un crecimiento y desarrollo económico sustentable, con un sector empresarial dinámico, innovador y capaz de adaptarse rápidamente a las señales del mercado.

Sin embargo, nuestra estrategia de desarrollo, fundada en el mayor esfuerzo exportador y en un esquema que principalmente hace uso de las ventajas comparativas que dan los recursos naturales y la abundancia relativa de la mano de obra, tenderá a agotarse rápidamente como consecuencia del propio progreso nacional. Por consiguiente, resulta determinante afrontar una segunda fase exportadora que debe estar caracterizada por la incorporación de un mayor valor agregado de inteligencia, conocimientos y tecnologías a nuestros productos, a fin de hacerlos más competitivos.

Para abordar el proceso de modernización y reconversión de la estructura productiva del país, reviste vital importancia el papel que cumplen las innovaciones tecnológicas, toda vez que ellas confieren sustentación real a la competitividad de nuestra oferta exportable. Para ello, el Gobierno ofrece instrumentos financieros que promueven e incentivan la innovación y el desarrollo tecnológico de las empresas productoras de bienes y servicios.

El Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo FONTEC, organismo creado por CORFO, cuenta con los recursos necesarios para financiar Proyectos de Innovación Tecnológica, formulados por las empresas del sector privado nacional para la introducción o adaptación y desarrollo de productos, procesos o de equipos.

Las Líneas de financiamiento de este Fondo incluyen, además, el apoyo a la ejecución de proyectos de Inversión en Infraestructura Tecnológica y de Centros de Transferencia Tecnológica a objeto que las empresas dispongan de sus propias instalaciones de control de calidad y de investigación y desarrollo de nuevos productos o procesos.

De este modo se tiende a la incorporación del concepto "Empresa - País", en la comunidad nacional, donde no es sólo una empresa aislada la que compete con productos de calidad, sino que es la "Marca - País" la que se hace presente en los mercados internacionales.

El Proyecto que se presenta, constituye un valioso aporte al cumplimiento de los objetivos y metas anteriormente comentados.

FONTEC - CORFO

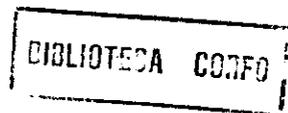
BIBLIOTECA CORFO

A) RESUMEN EJECUTIVO

INGEPRO INGENIEROS LTDA, es una empresa constituida legalmente desde el año 1976 que centra su acción en la Ingeniería Sanitaria, en aspectos tales como Ingeniería de Proyectos, Inspecciones Técnicas, Asesorías, Mantenimiento y Montaje.

La empresa ha centrado su accionar en las siguientes líneas de trabajo:

- Hidráulica General
- Captación y Distribución de Agua Potable
- Tratamiento de Agua Potable
- Conducción y Disposición Final de Aguas Servidas y Aguas Lluvias
- Tratamiento de Aguas Servidas
- Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos (RILES)
- Proyectos de Urbanización
- Proyectos de Instalaciones Sanitarias Interiores



Cabe destacar que en sus inicios esta empresa desarrolló la Ingeniería Básica y de Detalle para las obras de alimentación general de agua potable de la ciudad de Santiago, lo que ha permitido proyectar el crecimiento de la necesidad de agua potable junto con las respectivas obras civiles para la ciudad de Santiago hasta el año 2035.

INGEPRO LTDA. cuenta permanentemente con la asesoría de prestigiosas empresas consultoras extranjeras como BARTLETT & WEST (USA) y la SOCIETE GENERAL DES AUX (FRANCIA) y contactos con empresas proveedoras como SILEC S.P.A. (ITALIA), HYDROAEROBICS, AEROMOD INC y DAVIS WATER TREATMENT GROUP (USA).

INGEPRO LTDA., está inscrita en los Registros de Consultores del MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS, EMPRESA DE OBRAS SANITARIAS DE

VALPARAISO S.A. (ESVAL), AGUAS CORDILLERAS S.A., ENDESA Y FILIALES, COMPAÑÍA MINERA EL INDIO, ENERSIS S.A. Y FILIALES Y DIVISION ANDINA DE CODELCO CHILE.

La estrategia de INGEPRO LTDA. para fortalecer el área de tratamientos de residuos industriales líquidos se sustenta en los siguientes factores:

- Comprobada experiencia en el desarrollo de proyectos de Ingeniería Sanitaria.
- Excelente imagen corporativa de la empresa.
- Inminente aplicación de normas y reglamentos que protegen el medio ambiente de la actividad industrial.
- Experiencia en el Tratamiento de Residuos Industriales Líquidos
- Estrecho contacto establecido con empresas extranjeras, lo que ha permitido desarrollar, transferir y adaptar tecnologías exitosamente aplicadas en países más desarrollados.

Sustentado en la estrategia señalada anteriormente, INGEPRO ha desarrollado el presente proyecto consistente en la construcción y prueba de un planta piloto que permita reciclar el agua y los detergentes que son utilizados en el proceso de lavado automático de vehículos de las Estaciones de Servicio, bajo un principio de "producción limpia".

La Tecnología desarrollada permitirá introducir en Chile una solución a la contaminación generada por los residuos líquidos producidos en las Estaciones de Servicio como consecuencia del lavado automático de los vehículos y un ahorro de materia prima gracias a la recirculación de agua de proceso.

Los resultados técnicos han permitido adquirir el conocimiento teórico y práctico para brindar una solución tecnológica a todas las Estaciones de Servicios que dispongan de Sistemas de Lavado Automático de Vehículos. La planta piloto que se desarrolló permitirá realizar demostraciones de la efectividad de la tecnología a todos los potenciales usuarios de manera de difundir en el mercado objetivo la nueva línea de proyectos de ingeniería de la empresa e iniciar un proceso de comercialización de plantas industriales de reciclado de agua y detergentes de los RILES de los centros de lavado automático de vehículos.

Se espera reducir el flujo de los efluentes líquidos al Sistema de Alcantarillados en un 90% y una reutilización de los detergentes de un 90%, junto con la descarga al sistema de alcantarillado del 10% de los residuos líquidos completamente ajustado a las normas nacionales. Cabe destacar que el reciclamiento del agua y de los detergentes generará un ahorro para las Estaciones de Servicios en Materiales e Insumos de Lavado.

B) EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA

La promulgación de la ley N°19.300, denominada también como la LEY DE BASES DEL MEDIO AMBIENTE, publicada en el diario oficial del 9 de marzo de 1994 ha sentado las bases para que la producción industrial no atente contra el medio ambiente y por ende contra la calidad de vida de los habitantes. Enmarcado en el proyecto de ley antes citado se han establecido Normas de Emisión para la Regulación de Contaminantes Asociados a las descargas de Residuos Industriales Líquidos a Sistemas de Alcantarillado (Norma 609), publicadas el Lunes 20 de Julio de 1998 en el Diario Oficial de la República de Chile, lo que ha generado un marco regulatorio para todas aquellas actividades industriales que descarguen residuos líquidos al sistema de alcantarillado.

La norma de emisión, antes señalada, tiene como uno de sus objetivos regular la cantidad máxima de contaminante permitida para los residuos industriales líquidos, descargados por los establecimientos industriales en los servicios públicos de recolección de aguas servidas.

Las descargas de efluentes que se efectúen a redes de alcantarillado deberán cumplir con los límites establecidos en la Tabla N°3 de la Norma 609, límites que se indican en la Tabla N°1 siguiente:

Tabla N°1: Límites máximos permitidos para descargas de efluentes a redes de alcantarillado

| Parámetros | Unidad | Expresión | Límite Máximo Permitido |
|-----------------------------|----------|-----------|-------------------------|
| Aceites y grasas | mg/L | A y G | 150 |
| Aluminio | mg/L | Al | 10 |
| Arsénico | mg/L | As | 0,5 |
| Boro | mg/L | B | 4 [1] |
| Cadmio | mg/L | Cd | 0,5 |
| Cianuro | mg/L | CN- | 1 |
| Cobre | mg/L | Cu | 3 |
| Cromo Hexavalente | mg/L | Crh | 0,5 |
| Cromo total | mg/L | Cr | 10 |
| Hidrocarburos totales | mg/L | HC | 20 |
| Manganeso | mg/L | Mn | 4 |
| Mercurio | mg/L | Hg | 0,02 |
| Níquel | mg/L | Ni | 4 |
| PH | unidad | PH | 5,5-9,0 |
| Plomo | mg/L | Pb | 1 |
| Poder espumógeno | mm | PE | 7 |
| Sólidos sedimentables | ml/L 1 h | S.D. | 20 |
| Sulfatos | mg/L | SO-2 | 1.000 [2] |
| Sulfuros | mg/L | S-2 | 5 |
| Temperatura | °C | T° | 35 |
| Zinc | mg/L | Zn | 5 |
| DBO5 | mg/L | DBO5 | Ver Norma Pto. 4.3 |
| Fósforo | mg/L | P | 10-45 [3] |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L | NH4+ | 80 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | S.S | 300 [4] |

- (1) Si el contenido natural en la fuente de agua potable del establecimiento industrial (distribuida por el prestador de servicios sanitarios o fuente propia) es mayor al indicado en la tabla, el límite máximo del parámetro en la descarga será igual al contenido natural del mismo.
- (2) Se aceptarán concentraciones entre 1000 y 1500 mg/L, si se cumplen las siguientes condiciones:
 - a) pH = 8-9
 - b) temperatura del residuo industrial líquido (°C) < a la temperatura de las aguas receptoras.
- (3) El parámetro Fósforo tendrá límite máximo permitido de 45 mg/L. En aquellos Riles descargados en sistema de alcantarillado que los dispongan directamente o a través de un curso de agua tributario directo, a un lago, laguna o embalse, naturales o artificiales, este parámetro tendrá límite máximo permitido de 10 mg/L.
- (4) Los establecimientos industriales podrán solicitar al prestador de servicios sanitarios, autorización para descargar efluentes con una concentración mayor a 300 mg/L, siempre que ello no provoque obstrucción a la red colectora, conforme a lo dispuesto en el art. 21 inciso 2° del decreto con fuerza de ley N°70 del año 1988, del Ministerio de Obras Públicas sobre Fijación de Tarifas de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado.

Los residuos líquidos en el servicio de lavado de automóviles y lavado manual de carrocerías, chasis y motores contienen principalmente sólidos suspendidos, aceites y grasas, solventes halogenados, restos de combustible, desengrasantes, detergentes, ceras especiales y concentraciones variables de metales.

El objetivo general del proyecto consiste en el desarrollo de una planta piloto de tratamiento de residuos líquidos provenientes de los centros de lavado automático de vehículos que permita reciclar el agua y los detergentes.

Los objetivos parciales que contempla alcanzar el proyecto son:

- Caracterizar los residuos industriales líquidos de los centros de lavado automático de vehículos instalados en las Estaciones de Servicio.
- Diseño y Construcción de una Planta Piloto de tratamiento de RILES de centros de lavado de vehículos.
- Puesta en marcha y desarrollo de pruebas químicas de proceso para la recuperación de detergentes y aguas de lavado.
- Desarrollar una campaña de introducción al mercado de la tecnología desarrollada.

El proyecto corresponde al desarrollo de un nuevo proceso de tratamiento de los residuos industriales líquidos provenientes del proceso de lavado automático de los automóviles lo que permitirá la reutilización del agua y de los detergentes, de esta manera la empresa desarrollará una nueva línea de proyectos de ingeniería.

En términos generales la planta piloto que se desarrolló en el presente proyecto de innovación tecnológica consistió en utilizar el tanque de separación de lodos de las Estaciones de Servicio para procesar el residuo líquido usando un aditivo químico que precipitará las sustancias químicas peligrosas como el Plomo, Cobre, Nickel, Cadmio, Cromo, Zinc, Fósforo, Solventes Alifáticos y Sustancias Aromáticas.

Los aditivos químicos que se agregará ajustará el PH a niveles adecuados para la precipitación de las partículas químicas antes señaladas y por otra parte tendrá el efecto de romper la tensión superficial en la emulsión que se produce entre el detergente y las partículas sólidas "mugre" originando la separación química de éstas.

Posteriormente en una segunda etapa se bombea esta solución a un filtro que permite la separación mecánica de las partículas sólidas "mugre" de la solución quedando de esta manera un agua limpia con detergente líquido reactivado que se puede reciclar y ser reutilizada en el proceso de limpieza de los automóviles.

BIBLIOTECA CORFO

C.- METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

La metodología empleada en el desarrollo del presente trabajo se inicia con una búsqueda bibliográfica intensiva de las patentes a nivel mundial de productos y/o procesos que permiten el reciclamiento del agua de lavado de los centros de lavado de las estaciones de servicios y paralelamente el estudio de las normas existentes a nivel nacional relativas a las descargas de efluentes a los sistemas de alcantarillados. Por otra parte, se realizó un estudio de mercado de las diferentes Estaciones de Servicios que cuentan con centros automáticos de lavado y que están operando en la red sur de Aguas Andinas (ex EMOS).

Se caracterizó la composición de los residuos líquidos emitidos por dichas estaciones de servicio y se evaluó el grado de cumplimiento de estos en las normas de descargas correspondientes. Con la caracterización de estos riles se procedió a diseñar una planta piloto que permitiera reciclar el 90% del agua y de los detergentes para ser reutilizada en el proceso de lavado de vehículos.

Una vez diseñada la Planta Piloto se desarrollan los planos de detalle para proceder a su construcción. El proceso constructivo de la planta piloto se desarrolló en las instalaciones de la empresa y con el apoyo de variados subcontratos de diferentes empresas manufactureras y de servicios en el área metalmecánica, electrónica, montaje, transporte, etc.

Paralelamente con la construcción de la Planta Piloto se desarrolló el material audiovisual (video y folletería) que permitirá la introducción al mercado de la tecnología desarrollada.

Finalmente la Planta Piloto fue instalada en dependencias de la Estación de Mantenimiento Neptuno de la Empresa METRO S.A. la que suministró energía eléctrica, agua potable y dio todas las facilidades para el desarrollo del trabajo.

La experiencia tuvo una duración de cinco días, tiempo en que se realizaron las siguientes actividades:

- Instalación de la Planta Piloto
- Puesta en Marcha con agua limpia de la Planta Piloto
- Experiencias previas de laboratorio
- Acondicionamiento de Químicos
- Rutina de Experimentación

En primer lugar, se ubicó el trailer con la Planta Piloto. Posteriormente, se montaron los estanques y se realizaron las conexiones hidráulicas faltantes. Una vez instalada la Planta Piloto, se procedió a verificar en seco el funcionamiento de los sistemas eléctricos y las bombas.

La fase de experimentación se dividió en dos etapas:

- Experiencias Previas de Laboratorio.
- Experiencias en la Planta Piloto.

A la fecha se continúan las conversaciones con potenciales usuarios de la tecnología, de manera de aplicarla en otros sectores industriales usando la planta piloto móvil para realizar nuevas pruebas de recirculación de riles.

El Programa de Trabajo desarrollado se ajustó a la Carta Gantt que se entrega en la página siguiente:

CARTA GANTT REAL (Cada símbolo "X" corresponde a una semana de trabajo)

| N° Etapa | Etapas | PLAZO SEMANAS | Meses | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|---------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 1 | Recopilación de Información Técnica y de Mercado | 7 | XXXX | XXX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Análisis y Caracterización de RILES de Plantas de Lavado de Automóviles | 16 | | XXXX | XXXX | XXXX | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Diseño Planta Piloto | 32 | | | XXXX | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Construcción y Puesta en Marcha Planta Piloto | 44 | | | | | | XXXX |
| 5 | Introducción al Mercado | 17 | | | | | | | | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | XXXX | XXXX |

D) RESULTADOS

A partir del año 1998 se comenzó a aplicar la nueva normativa ambiental, la cual está planteando la necesidad de tratar las descargas líquidas antes de ser descargadas a cauces naturales o a los sistemas de alcantarillados de acuerdo a las normas establecidas en la legislación vigente.

Las Normas que regulan las descargas líquidas son las siguientes:

- **Ley 3.133** Neutralización de los residuos provenientes de establecimientos industriales. (Publicado en el diario oficial N° 11568, del 7 de Septiembre de 1916). Esta ley regula las descargas de los residuos líquidos contaminantes que no poseen una neutralización o depuración antes de ser descargadas a los cauces naturales o artificiales de aguas.
- **D.S. MOP N° 351** Reglamento para la neutralización y depuración de los residuos industriales líquidos a que se refiere la Ley 3.133. Este decreto concede las autorizaciones necesarias para los sistemas de tratamiento requeridos para los residuos industriales líquidos, fija el caudal de los efluentes tratados, los parámetros, los valores máximos para la descarga de dichos efluentes y determina la forma y frecuencia de los informes de los organismos fiscalizadores.
- **D.S. 609/98** Norma de emisión para la regulación de contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a sistemas de alcantarillado. (Publicado en el Diario Oficial el 20 de Julio de 1998). Esta norma establece la cantidad máxima de contaminantes permitida para los residuos industriales líquidos, descargados por los establecimientos industriales en los servicios públicos de recolección de aguas servidas de tipo separado o unitario. Determina y califica los tipos de procesos industriales y sus descargas y se especifica además el rol de las empresas sanitarias.

El estudio en bases de datos de patentes internacionales de las diferentes tecnologías disponibles para el tratamiento de los residuos líquidos provenientes de estaciones de servicio entregó la siguiente información:

Patente Internacional, US6042730, Car Wash Wastewater

Corresponde a un método para tratar los residuos líquidos de las estaciones de servicio, fundamentalmente mediante la adición de un coagulante (cloruro de polialuminio), posteriormente se lleva a cabo un proceso de decantación y filtración. Finalmente el agua se pasa por una resina de intercambio iónico, obteniendo de esta manera agua sin metales pesados, ni aceites, ni grasas que puede ser reutilizada en el proceso de lavado de automóviles.

Patente Internacional, US3774625, Carwash Water Reclaim System

Corresponde a un método que utiliza un hidrociclón que remueve las partículas sólidas de los residuos líquidos provenientes de las estaciones de servicio, generando residuos sólidos en la forma de lodos. Posteriormente se usan filtros para eliminar los detergentes y se reutiliza esta agua para los proceso de lavado y enjuagues.

Patente Internacional, US5647977, Method and apparatus for removing contaminants from industrial waste water.

Corresponde a un método que utiliza sistemas de aeración, mezcla y floculación, e utiliza mecanismos para remover sólidos suspendidos, hidrocarburos, materiales orgánicos y minerales disueltos.

WASH & CIRCULATION SYSTEM AB

Esta es una empresa sueca que ha desarrollado un método físico químico, que permite reducir la contaminación de los efluentes de las Estaciones de Servicio y reciclar parcialmente los detergentes y el agua obtenida. La técnica se basa en agregar sales de ortofosfatos y calcio para la separación de los productos contaminantes, el detergente y el agua, conjuntamente con procesos de sedimentación, filtración, ultrafiltración y osmósis inversa. El agua tratada se recicla para ser usada nuevamente en el proceso de lavado de automóviles.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) realizó un estudio en donde se estima que existen 483 estaciones de servicio en la Región Metropolitana, y se estima que el 65% tiene un sistema de lavado de automóviles, es decir, aproximadamente 314 estaciones de servicio.

Las Estaciones de Servicio ubicadas en la Red Operativa de AGUAS ANDINAS (Ex EMOS) se distribuyen en las diferentes zonificaciones, en términos porcentuales, de acuerdo a la siguiente participación: 48% en Red Centro Oriente, 21% en Red Norte, 18% en Red Sur, 13% en Servicios Periféricos.

Aguas Andinas construyó y está en su fase de puesta en marcha la primera gran Planta de Tratamiento denominada Trebal, que atenderá a todos los residuos líquidos que provienen del Sector Sur de Santiago.

En consecuencia, si multiplicamos el porcentaje de zonificación en la Red Sur (18%) por el número de estaciones con sistema de lavado de automóviles en la Región Metropolitana (314 Estaciones de Servicio), obtenemos un total de 57 Estaciones de Servicios ubicadas en la Zona Sur de la Red Operativa de AGUAS ANDINAS, que tienen sistemas de lavado de automóviles manual o automático y que al momento de entrar en funcionamiento la Planta de Tratamiento (Planta Trebal), deberán ajustar las variables de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado a lo que establece la Norma.

Los residuos líquidos generados en las estaciones de Servicio se originan en operaciones tales como: Lavado de automóviles, Lavado de pisos, derrames y pérdidas de gasolina, solventes, aceites y grasas, mantención de automóviles y aguas lluvias.

Los residuos líquidos generados por los sistemas de lavado automático de automóviles contienen principalmente sólidos suspendidos, aceites y grasas, solventes halogenados y restos de combustible, contiene además desengrasantes, detergentes y ceras especiales. Los parámetros que deben ser controlados de acuerdo a la Norma vigente son DBO5, PH, Sólidos Suspendidos, Aceites y Grasas, Hidrocarburos y Poder Espumógeno. En la Tabla 2 se observa los límites máximos permitidos para estos contaminantes que se efectúen hacia el sistema de redes de alcantarillado.

Tabla N° 2 Límites máximos permitidos

| Parámetro | Unidad | Expresión | Límite máximo permitido |
|-----------------------------|--------|------------------|-------------------------|
| Aceites y grasas | mg/L | A y G | 150 |
| Hidrocarburos totales | mg/L | HC | 20 |
| PH | Unidad | PH | 5,5 - 9,0 |
| Poder Espumógeno | Mm | Pe | 7 |
| DBO5 | mg/L | DBO ₅ | (3) |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | S.S. | 300 |

El sistema básico está compuesto por los siguientes elementos:

1. Unidades dosificadoras de químicos.
2. Un estanque separador de aceite
3. Un filtro de arena
4. Un estanque de almacenamiento de agua tratada

Inicial se debe preparar el estanque separador de aceite con la solución de agua y químicos, para su posterior uso en el lavado de vehículos. A medida que se realizan los lavados el estanque separador de aceite va acumulando lodo sedimentado.

De acuerdo a antecedentes aportados por el asesor especialista sueco existen dos tipos de aditivos químicos que se agregan al proceso de recuperación de agua y detergentes de las plantas de lavado de automóviles, denominados Mac 15 y Mac 114. El químico Mac 114 es un ajustador de pH y el químico Mac 15, corresponde a un floculante para el proceso de sedimentación, cuya acción se optimiza cuando el pH se ajusta a un nivel aproximado de 10.

Mac 15 corresponde a un floculante usado en los sistemas de recirculación de aguas de lavado que provoca un desprendimiento de los elementos contaminantes del agua de lavado y su posterior sedimentación hacia el fondo del decantador.

El Mac 114, optimiza la acción del floculante Mac 15. Ajustando el pH de la mezcla un valor aproximado de 10, punto en que el proceso de sedimentación se optimiza y adicionalmente proporciona protección contra la oxidación del vehículo.

La dosificación de químicos aproximada es de 10 gr/vehículo, valor que varía de acuerdo a las condiciones de lavado de cada zona geográfica.

Estanque Separador de Aceite

La sedimentación consiste en la separación por acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Al depositarse las partículas en el fondo, arrastran en su caída una cierta cantidad de bacterias, con lo que se alcanza también en este tipo de tratamiento una reducción de la DBO.

Debido a la concentración e interacción de las partículas, se pueden producir cuatro tipos de sedimentación: discreta, floculenta, retardada y por compresión. Es frecuente que durante el proceso de sedimentación, ésta se produzca por diferentes mecanismos en cada fase, y también es posible que los cuatro mecanismos de sedimentación se lleven a cabo simultáneamente.

Cuando la concentración de material en suspensión es pequeña, el floculo disperso sedimenta como si estuviera solo, pero su velocidad de caída aumenta a medida que su tamaño crece, como consecuencia de su encuentro con partículas más finas (sedimentación difusa). Para concentraciones elevadas, la abundancia de los flóculos da lugar a una sedimentación frenada del conjunto, caracterizada por una superficie de separación netamente definida entre la masa fangosa y el líquido que sobrenada.

Sirven como decantadores todos los depósitos que sean atravesados con velocidades suficientemente lentas y de forma adecuada por el agua a depurar. Cuanto más estable es la circulación, más uniforme es la distribución de velocidades en toda la sección del decantador, y mejor el rendimiento hidráulico, se debe evitar la formación de corrientes para conseguir que el agua se reparta uniformemente en todo el volumen útil del decantador, dejando al mismo tiempo una zona de calma para la sedimentación del fango.

Los elementos fundamentales de todo decantador son:

- Entrada del afluente: debe proyectarse en forma tal que la corriente de alimentación se difunda homogéneamente por todo el estanque desde el primer momento.
- Deflectores: suelen colocarse a la entrada y salida, sirviendo el primero para conseguir una buena repartición del caudal afluente y el segundo para la retención de las sustancias flotantes, grasa y espuma.
- Vertedero de salida: su nivelación es muy importante para el funcionamiento correcto del clarificador. Por otro lado para no provocar levantamiento de los fangos sedimentados.
- Características geométricas: la relación entre ellas debe ser las adecuadas para la sedimentación de los tipos de partículas previstas. Su forma puede ser rectangular, cuadrada o circular.

Métodos de Gravimetría

En el dimensionado de los decantadores hay que atender principalmente a los siguientes puntos:

Superficie de decantación

$$S = Q / v$$

Donde:

S: Superficie del decantador (m²)

Q: Caudal a tratar (m³/h)

v: Velocidad ascensorial (m/h)

Volumen de decantación

$$V = Q * T_r$$

Donde:

V: Volumen de decantación (m³)

Q: Caudal a tratar (m³/h)

T_r: Tiempo de retención (h)

El parámetro principal es el tiempo de retención, pudiendo ser para caudal medio y para caudal máximo.

| Decantación Primaria | Valor Mínimo (h) | Valor Típico (h) | Valor Máximo (h) |
|--|------------------|------------------|------------------|
| Tiempo de retención para caudal medio | 1,50 | 2,00 | 3,00 |
| Tiempo de retención para caudal máximo | 1,00 | 1,50 | 2,00 |

Caudal de Fangos Producidos

Este valor es calculado mediante la siguiente relación

$$Q_f = K * C * Q / (10000 * C_1)$$

Donde:

Q_f = Caudal medio de los fangos producidos (m^3/h)

Q = Caudal medio del agua a tratar (m^3/h)

K = Coeficiente de reducción de sólidos en suspensión en la decantación

C = Concentración de sólidos en suspensión en el agua bruta (p.p.m.)

C_1 = Concentración de fangos en la salida de purga del decantador, %

Relaciones Dimensionales para Decantadores Rectangulares

Para decantadores rectangulares de flujo horizontal pueden usarse las siguientes relaciones:

Relaciones entre dimensiones de los decantadores rectangulares

| Decantación Primaria | Valor Mínimo | Valor Típico | Valor Máximo |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| L | 5 | - | 90 |
| L/h | 5 | 15 | 40 |
| L/b | 1,5 | 4,5 | 7,5 |
| h | 1,5 | 3 | 3 |

Relaciones entre dimensiones de los decantadores rectangulares

| L | B | | H |
|--------------|-------------|----------|------------------------------------|
| L/B | L/H | B/H | |
| de 1,5 a 7,5 | De 4,2 a 25 | - | WPCP-MOP, N°6 (Rastr. Estadist) |
| 4,27 | 11,5 | - | WPCF-MOP, N°6 (Valores medios) |
| de 3 a 5 | - | - | Weber |
| de 1 a 7,5 | | | Gehm Bregman |
| - | de 6 a 20 | de 2 a 6 | Bebin |
| - | de 20 a 35 | | Schmidt-Bregan |

Donde:

- L: Longitud del decantador
- h: Altura útil del decantador
- b: Ancho del decantador

Zona de Entrada

En estos casos se considera la perdida de carga ocasionada por el sistema de entrada al decantador. Puede tomarse como valor el dimensionado por el sistema, Δh

$\Delta h =$ de 0,2 a 0,3 cm.

Vertedero de Salida

Relación entre parámetros:

$$L = Q/V$$

Donde:

- L: Longitud necesaria de vertedero(m)
- Q: Caudal a tratar (m³/h)
- V: Carga de salida por el vertedero (m³/h/m)

| | Valor Mínimo (m ³ /h/m) | Valor Típico (m ³ /h/m) | Valor Máximo (m ³ /h/m) |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Decantadores Primarios Rectangulares | 5 | 10 | 26 |
| Decantadores Secundarios Rectangulares | 2 | 6,5 | 12 |

Los métodos de separación gravimétrica son generalmente técnicas de purificación del agua extremadamente comunes. Las diferencias en el peso específico entre el agua y el material en suspensión origina que estas partículas se hundan y se aparten de alguna capa de la superficie por donde pueden ser retiradas del sistema. La Ley de Stokes establece que la velocidad de inmersión (v), de una partícula es directamente proporcional al cuadrado de su diámetro (d), tal como se establece en la siguiente ecuación:

$$V = kg(s-1)d^2/18r$$

En que:

- V = velocidad de inmersión de una partícula, cm/s
- k = coeficiente para el tipo de partículas
- g = constante gravitacional, cm/s²
- s = densidad de las partículas, g/cm³
- d = diámetro de la partícula, cm
- r = viscosidad del líquido (agua), P8=g/cm)

En conformidad a la Ley de Stokes, la velocidad de inmersión de una partícula de 50 um es cuatro veces más baja que una partícula de 100 um, lo cual significa que la carga de la superficie en un pozo de sedimentación debiera ser 4 veces más baja para partículas de 50 um. La carga de la superficie se define como :

$$V = Q/A$$

En que:

- V = carga de superficie (m/h)
- Q = flujo (m³/h)
- A = superficie del área de sedimentación (m²)

La superficie del área de sedimentación para los pozos de sedimentación convencionales determina el tamaño de los pozos de sedimentación. Para un pozo de

sedimentación de Lamella, la superficie del área de sedimentación determina el área sobre el plano horizontal para el área de superficie proyectada de todos aquellos de Lamellas. La carga de superficie determina la velocidad de inmersión más baja a la que las partículas son separadas en el pozo de sedimentación en cuestión.

Estanques de sedimentación

Son típicos los depósitos rectangulares con carga de superficie menores a 1m/h y tiempos de separación de más de 2 horas para las instalaciones automotrices. Los estanques son construidos a una profundidad de 1 - 1.95 metros.

Un requerimiento para el uso de un lecho/estanque de sedimentación es que la separación debe producirse en un nivel de turbulencia libre de flujo. Por lo tanto, los pozos poseen varios tipos de compartimentos, columnas o aberturas con reguladores de nivel de flujo en las válvulas de entrada.

POZOS DE SEDIMENTACIÓN DE LAMELLA

La instalación de un sedimentador de Lamella consiste en un pozo que contiene un número de planos o placas angulares paralelas. A través de dichas Lamellas, se obtiene una mayor separación del área de superficie que se transforma en una mayor capacidad que aquella disponible en los pozos de sedimentación convencionales los cuales ocupan una cantidad similar de espacio total.

El agua contaminada pasa entre las placas, las cuales funcionan como áreas de sedimentación para las partículas suspendidas en el agua. Las placas deben ser adaptadas en tal forma que el fango sedimentado pueda sumergirse sin alteraciones al fondo del pozo. Se utilizan las Lamellas tanto con el flujo como contra el flujo.

FORMACIÓN DE PARTÍCULA – FLOCULACIÓN

La purificación a menudo puede ser perfeccionada con tratamiento químico del agua servida. El tratamiento conecta pequeñas partículas a los denominados agregados, los cuales, debido a su gran volumen y masa son separados más fácilmente del agua. Este tipo de tratamiento es denominado floculación y los floculadores utilizados son de dos tipos, sales de calcio y floculadores sintéticos (típicamente polímeros). A menudo, ambos son usados en forma combinada.

Descripción del Estanque Separador de Aceite

En el estanque separador de aceite se realiza la sedimentación y la clarificación del agua de recirculación. Está compuesto por tres subdivisiones:

- Separación de lodos y aceite
- Filtro lamelar
- Estanque de agua sedimentada

En la Subdivisión de separación de lodos ocurre la principal separación y sedimentación de los elementos contaminantes, provenientes del lavado.

En el filtro lamelar se produce una separación más fina de aquellos elementos que pasaron la primera etapa. El filtro lamelar consiste en un pozo que contiene un número de planos o placas angulares paralelas, denominadas lamelas. A través de dichas lamelas, se obtiene una mayor separación del área de superficie que se transforma en una mayor capacidad que la disponible en un estanque de sedimentación convencional que corresponde a la separación de lodos.

El agua pasa entre las placas, las que funcionan como áreas de sedimentación para los contaminantes suspendidos en el agua. Las placas deben ser

adaptadas de tal modo que el lodo sedimentado pueda sumergirse sin alteraciones al fondo del pozo. Las lamelas tienen un grado de inclinación de 55° respecto a la horizontal.

En un filtro lamelar se requiere necesariamente una primera subdivisión de separación de lodos, dado que si ésta no existiera la obstrucción de las lamelas las haría inoperables.

Posteriormente, se encuentra el estanque de agua sedimentada, el agua sedimentada obtenida se:

- Filtra para lograr un agua de mayor pureza para ser utilizada en el lavado de la carrocería de los vehículos.
- Usada en el Lavado del chasis de los vehículos.
- Retrolava a través de un filtro de arena.

Filtro de Arena

La misión del proceso de filtración es retener, en la superficie de la masa filtrante, las partículas que contiene un líquido. Las materias en suspensión que deben separarse tiene una dimensión superior a la de los poros, lo que les permite quedar retenidas en la superficie del filtro.

Las partículas sólidas en suspensión que serán eliminadas en el filtro de medio granular siguen junto al líquido una línea de corriente, su talla o tamaño comparada con el de los poros podría permitirle atravesar el material filtrante sin ser detenidos, sin embargo se produce un cambio de trayectoria y contacto con el material debido a distintos mecanismos que son descritos a continuación:

- **Retención Mecánica:** Las partículas de mayor tamaño que los poros del medio filtrante son retenidas mecánicamente.

- Sedimentación: las partículas sedimentan sobre el medio filtrante.
- Intercepción: Muchas de las partículas que se mueven según las líneas de corriente se eliminan cuando entran en contacto con la superficie del medio filtrante.
- Adhesión: las partículas floculentas llegan a adherirse a la superficie del medio filtrante al pasar por él. Dada la fuerza creada por el agua que fluye, parte de la materia es arrastrada antes de quedar firmemente adherida y es transportada a zonas más profundas dentro del lecho.

Existen otros mecanismos que también tienen influencia en el sistema de filtrado, aunque sus efectos son de menor importancia y quedan enmascarados por el de retención. Se ha comprobado que la acción de retención es el principal responsable de la eliminación de los sólidos en suspensión.

La capa filtrante debe descansar sobre un soporte de lechos sucesivos de materiales de granulometría creciente hacia abajo y la toma del agua filtrada se efectúa por medio de un colector ramificado perforado. Los filtros a Presión se rigen por los mismos principios que los filtros de arena, lentos y rápidos, la única diferencia entre ambos consiste en que la arena, grava y sistema de drenaje están colocados dentro de un estanque de acero, generalmente de forma cilíndrica.

El buen funcionamiento de los filtros depende del perfecto reparto a través de la masa filtrante del agua a filtrar. Los filtros a presión suelen funcionar con mayores pérdidas de carga máximas admisibles, lo cual conduce a ciclos de filtración más largos y a menores necesidades de lavado.

Tal como se señalara en el punto anterior, el filtro de arena tiene como objeto realizar una última etapa de separación de sólidos, logrando de esta manera una agua de alta pureza para el lavado de la carrocería de los vehículos, la que es almacenada en un estanque de almacenamiento de agua tratada. Una fracción de aproximadamente un 10% del agua filtrada retorna al estanque de agua sedimentada.

El filtro de arena se debe retrolavar una vez alcanzada la presión máxima para estos efectos. El agua proveniente del retrolavado se canaliza hacia las canaletas de evacuación hacia la primera etapa del estanque separador de aceite.

El proceso de retrolavado es aprovechado para la adición de floculante faltante al sistema. El floculante faltante se estima en 10 gr/vehículo, pero su valor definitivo está dado por la experiencia propia del lugar en que está ubicada la planta. Una alta tasa de ensuciamiento del filtro implica que la separación en las etapas anteriores no se está desarrollando de manera óptima y ésta está siendo llevada a cabo por el filtro y, por lo tanto, existe un déficit en la concentración de floculante. Ese instante es aprovechado para realizar el retrolavado y añadir el floculante faltante.

Estanque de Almacenamiento de Agua Tratada

Corresponde al estanque donde se almacena el agua filtrada. Esta agua es utilizada para el lavado de la carrocería de los vehículos. Este estanque posee un desagüe, por donde se evacua agua filtrada sobrante hacia el alcantarillado de aguas servidas, volumen equivalente al aporte externo de agua para enjuague. El agua para enjuague proviene de la matriz pública de agua potable. Dispone, además, de un sensor de nivel que da la partida a la bomba que presuriza el filtro. El sensor debe estar localizado de modo que garantice tiempo de partidas, de al menos 2 minutos.

PREDIMENSIONAMIENTO

A continuación se señalan las bases de diseño que permiten dimensionar los elementos componentes de una planta tipo de recirculación de aguas de lavado, para una estación de servicio.

- Tasa máxima de lavado : 12 vehículos por hora
- Horas de trabajo : 17 horas/día
- Tasa máxima de vehículos atendidos : $12 \times 17 = 200$ vehiculos/día
- Agua recirculada : 250 lt/vehículo
- Agua fresca : 20 lt/vehículo
- Caudal de recirculación a operación continua : $250 \times 12 / 60 = 50$ lt/min
- Utilización de aditivos químicos : 10 gr/vehículo

Estanque Separador de Aceite

Volumen

El volumen del estanque separador de aceite se diseña con los siguientes parámetros:

| | |
|-------------------------|--|
| Caudal de recirculación | = 50 lts./min |
| Tiempo de retención | = 2 horas |
| Volumen | = $2 \times 60 \times 50 = 6.000$ lts. |

Carga Superficial

La carga de superficie determina la mínima velocidad de inmersión para que la partícula sea separada en el estanque. La carga de sedimentación se define como:

$$V = Q/A$$

En que:

V : Velocidad de sedimentación ≤ 1 m/hora

Q : Caudal de recirculación = 50 lt/min

A : $50/1000 \times 60$ = $3,0 \text{ m}^2$

Se propone un estanque separador de aceite de las siguientes características:

Separación de lodos : 4 m^3 (se consideran 2 m^3 para acumulación máxima de lodos)

Filtro lamelar : 9 m^3 (se consideran 3 m^3 para acumulación máxima de lodos)

Volumen total : 13 m^3

Volumen útil mínimo : 8 m^3

BIBLIOTECA CORFO

El estanque de agua sedimentada debe proveer una autonomía de 1 hora.

Luego:

$$\text{Volumen agua sedimentada} = 1 \times 60 \times 50 = 3.000 \text{ lt}$$

Filtro de Arena y Presurización

El filtro de arena es presurizado mediante una bomba centrífuga de eje horizontal con carcasa de acero inoxidable. Las condiciones de operación de la bomba son las siguientes:

$$\text{Presión de trabajo} = 30 \text{ mca}$$

$$\text{Caudal de trabajo} = 2 \times \text{Caudal de recirculación} = 2 \times 50 = 100 \text{ lt/min}$$

$$\text{Potencia} = 20 \times 100 / 1000 / 60 \times 30 = 1,0 \text{ HP}$$

El filtro de arena debe satisfacer un caudal igual al de bombeo. Esto permite un rápido llenado del estanque de agua tratada.

Estanque de Almacenamiento de Agua Tratada

Este corresponde a un estanque de 2 m³.

Los planos de diseño de la planta se muestran a continuación

La Planta Piloto se ha montado en un trailer móvil, tal como se muestra en la fotografía de la Figura N°1, en cuyo interior, además, se dispone de un Laboratorio con los elementos necesarios para el control de los parámetros de proceso (PH, turbidez, temperatura) y elementos dosificadores de los productos químicos.

La Planta está compuesta por los siguientes elementos:

- Tablero de Control.
- Unidades dosificadoras automáticas de productos químicos.
- Estanque separador de aceite.
- Estanque de sedimentación secundario.
- Estanque de Bombeo.
- Filtro de presión con lecho de arena.
- Bomba sumergible de bombeo agua decantada.
- Bomba centrífuga de presurización para filtrado.
- Compresor para abastecimiento de aire para accionamiento neumático de válvulas y aireación de estanques de productos químicos.
- Bomba sumergible para bombeo dosificación de químicos.
- Bomba centrífuga para bombeo solución de químico.
- Válvulas plásticas, tuberías y fittings.

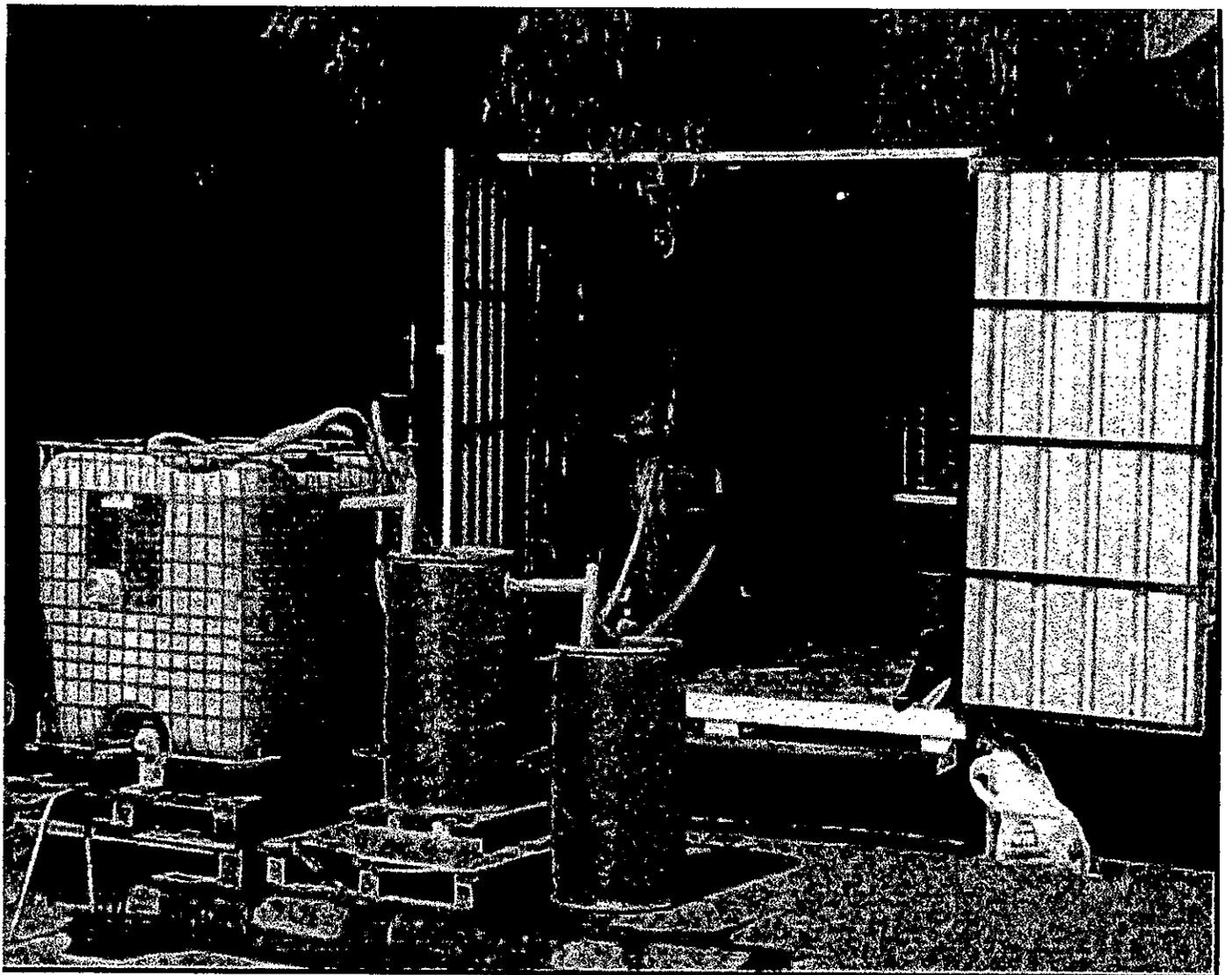


Figura N° 1. Planta Piloto Móvil de Recirculación de Agua de Lavado

Se describirá a continuación los diferentes componentes de la Planta Piloto Móvil.

Estanque Separador de Aceite

Consiste en un estanque plástico de 1 m³. Su operación se asimila a un estanque de sedimentación rectangular estándar. Posee un drenaje de fondo y una tapa en la parte superior. En él se produce la sedimentación gruesa de los flóculos. En este estanque se realizó la adición del RIL y de productos químicos.

Estanque de Sedimentación Secundario

La sedimentación secundaria de las partículas se efectúa en un sedimentador de campana de alto rendimiento, consistente en un estanque plástico circular de 0,20 m³. Por sus características permite una alta concentración de flocúlos en su parte inferior, minimizando el paso de éstos al Estanque de Bombeo y posteriormente al Filtro de Arena.

Estanque de Bombeo

Corresponde a un estanque plástico circular de 0,20 m³ que acumula el agua sedimentada y luego se bombea hacia el filtro de arena. El equipo consiste de una bomba sumergible de aguas servidas no domésticas de acero inoxidable.

Presurización y Filtro de Arena

El filtro de arena tiene como objetivo realizar la última etapa de separación de partículas finas, logrando de esta manera un agua de alta pureza la que puede ser reutilizada en el lavado de las carrocerías de los vehículos. La capacidad del filtro es de 100 lt/min aproximadamente.

La presurización se realiza mediante la utilización combinada de la bomba sumergible del Estanque de Bombeo y una bomba de presurización que está conectada en serie a la primera. Esta bomba es del tipo centrífuga horizontal de acero inoxidable de las siguientes características generales:

- Potencia : 1,5 kW
- Presión : 47 – 22 mca
- Caudal : 0,3 - 2,8 lt/s

La Planta Piloto fue instalada en dependencias de la Estación de Mantenimiento Neptuno de la Empresa METRO S.A. la que suministró energía eléctrica, agua potable y dio todas las facilidades para el desarrollo del trabajo. La Planta fue instalada junto al Galpón de Mantenimiento de la Estación.

METRO S.A. produce residuo industrial líquido (en adelante RIL), proveniente del lavado de material mecánico (Galpón de Mantenimiento) y lavado de carros (Galpón de Lavado de Carros):

- **Proveniente del Galpón de Mantenimiento:** Corresponde a RIL resultante del lavado de bogies y de material mecánico. Se aprecia en forma visual un RIL bastante pesado y con alto contenido de aceite, grasas y otros aditivos como detergentes y despinturantes.
- **Proveniente del Galpón de Lavado de Carros:** Corresponde a RIL resultante del lavado de la carrocería y chasis de los carros. Se aprecia en forma visual un RIL más delgado que el del Galpón de Mantenimiento, aparentemente con menor cantidad de aceites y grasas, pero mayor cantidad de detergente.

La experiencia tuvo una duración de cinco días, tiempo en que se realizaron las siguientes actividades:

- Instalación de la Planta Piloto
- Puesta en Marcha con agua limpia de la Planta Piloto
- Experiencias previas de laboratorio
- Acondicionamiento de Químicos
- Rutina de Experimentación

En primer lugar, se ubicó el trailer con la Planta Piloto. Posteriormente, se montaron los estanques y se realizaron las conexiones hidráulicas faltantes. Una vez instalada la Planta Piloto, se procedió a verificar en seco el funcionamiento de los sistemas eléctricos y las bombas.

Posteriormente, se llenó con agua limpia el sistema. Se trabajó con una bomba a la vez y las dos bombas en serie, para presurización del filtro de arena. Se corrigieron algunas fallas menores que se evidenciaron en esta etapa.

La fase de experimentación se dividió en dos etapas:

- Experiencias Previas de Laboratorio.
- Experiencias en la Planta Piloto.

Experiencias Previas de Laboratorio

Las Experiencias Previas de Laboratorio como su nombre lo indica tienen como objetivo determinar previamente las dosificaciones óptimas de los productos químicos, de modo de tener un punto de partida para definir la puesta en marcha en la etapa de Experiencias de la Planta Piloto. El RIL con que se realizaron estas experiencias, provino del Galpón de Mantenimiento que corresponde a un RIL visualmente bastante pesado.

Las experiencias se realizaron sobre muestras de 1.000 ml, diluidas con agua limpia de modo de simular la situación real que ocurre en el estanque separador de aceite, donde el RIL que ingresa se mezcla con la solución inicial, o bien con el agua de RIL tratado, ingresado con anterioridad. A esta muestra se añadió Mac114, se mezcló durante 10 s. y se midió el pH, hasta obtener un pH=10. El Mac15 se añadió a la muestra con el contenido de Mac114 óptimo, en distintas dosificaciones. Cada muestra se agitó durante 1 min. y posteriormente se dejó sedimentar durante 10 min.

Experiencia N°1

Se realizó con la finalidad de ajustar la dosificación de Mac114. Se realizó en 1.000 ml. de agua limpia (PH = 7). En el Tabla N°3, se indica la adición de Mac114 y la evolución en el valor del PH.

TABLA N°3: DOSIFICACION OPTIMA MAC114

| Dosificación (gr/lt) | pH |
|----------------------|------|
| 0,35 | 9,0 |
| 0,70 | 9,5 |
| 1,00 | 10,0 |

Experiencia N°2

Se prepararon muestras con la siguiente composición: 250 ml RIL + 750 ml Agua limpia = 1.000 ml muestra. Los resultados obtenidos para determinar la dosificación óptima de Mac 15 se muestra en el Tabla N°4.

TABLA N°4: DOSIFICACION OPTIMA MAC 15

| Muestra | Adición Mac114 (gr/lt) | Adición Mac15 (mg/lt) | pH | Turbidez sobrenadante (NTU) | | |
|---------|------------------------|-----------------------|------|-----------------------------|--------------|-------------|
| | | | | Muestra | Post. Mac114 | Post. Mac15 |
| 1 | 1,0 | 2 | 10,0 | 212 | 79 | 26,40 |
| 2 | 1,0 | 4 | 10,0 | 210 | 77 | 68 |
| 3 | 1,0 | 5 | 10,0 | 211 | 77 | 60 |
| 4 | 1,0 | 7 | 10,0 | 219 | 82 | 50 |

La cantidad de Mac114 para alcanzar pH=10 fue de 1,0 gr/lt. La dosificación óptima de Mac15 fue de 2 mg/lt. Al realizar la proporción a volumen de RIL, la dosificación óptima corresponde a 8 mg. por cada litro de RIL.

Experiencia N°3

Se realizó una prueba final con tres muestras en la siguiente dilución: 250 ml RIL + 750 ml limpia = 1.000 ml muestra.

En la TABLA N°5, se señalan los resultados.

TABLA N°5: DOSIFICACION OPTIMA MAC 15

| Muestra | Adición Mac114 (gr/lit) | Adición Mac15 (mg/lit) | pH | Turbidez sobrenadante (NTU) | | |
|---------|-------------------------|------------------------|------|-----------------------------|--------------|-------------|
| | | | | Muestra | Post. Mac114 | Post. Mac15 |
| 1 | 1,0 | 1 | 10,0 | 63 | 23,3 | 17,9 |
| 2 | 1,0 | 2 | 10,0 | 66 | 48,2 | 25,9 |
| 3 | 1,0 | 4 | 10,0 | 133 | 25,9 | 2,1 |

La dosificación óptima de Mac15 fue de 4 mg/lit. Al realizar la proporción a volumen de RIL, la dosificación óptima corresponde a 16 mg por cada litro de RIL.

Las conclusiones de las experiencias preliminares se pueden concluir en que el Mac114 es de fácil aplicación ya que se dosifica de modo de mantener un pH=10. De estas experiencias previas se obtuvo una concentración aproximada de 1,0 gr/lit, que se debe mantener en la solución.

La aplicación de Mac15 se realizará de acuerdo a esta experiencia. De acuerdo a la Experiencia N°2 la dosificación óptima fue de 8 mg/lit.RIL, mientras que la Experiencia N°3 arrojó un valor de 16 mg/lit.RIL. Dado que la dosificación óptima está entre 8 y 16 mg/lit.RIL, se dosificará con este último valor.

Experiencias en la Planta Piloto

Las Experiencias de la Planta Piloto tienen los siguientes objetivos:

- Verificar el abatimiento de los parámetros contaminantes según norma y su cuantía (%).
- Determinar el consumo de productos químicos para los efectos de obtener variables económicas.
- Determinar la importancia y eficiencia del proceso de sedimentación y su relación con los parámetros de agregados químicos.

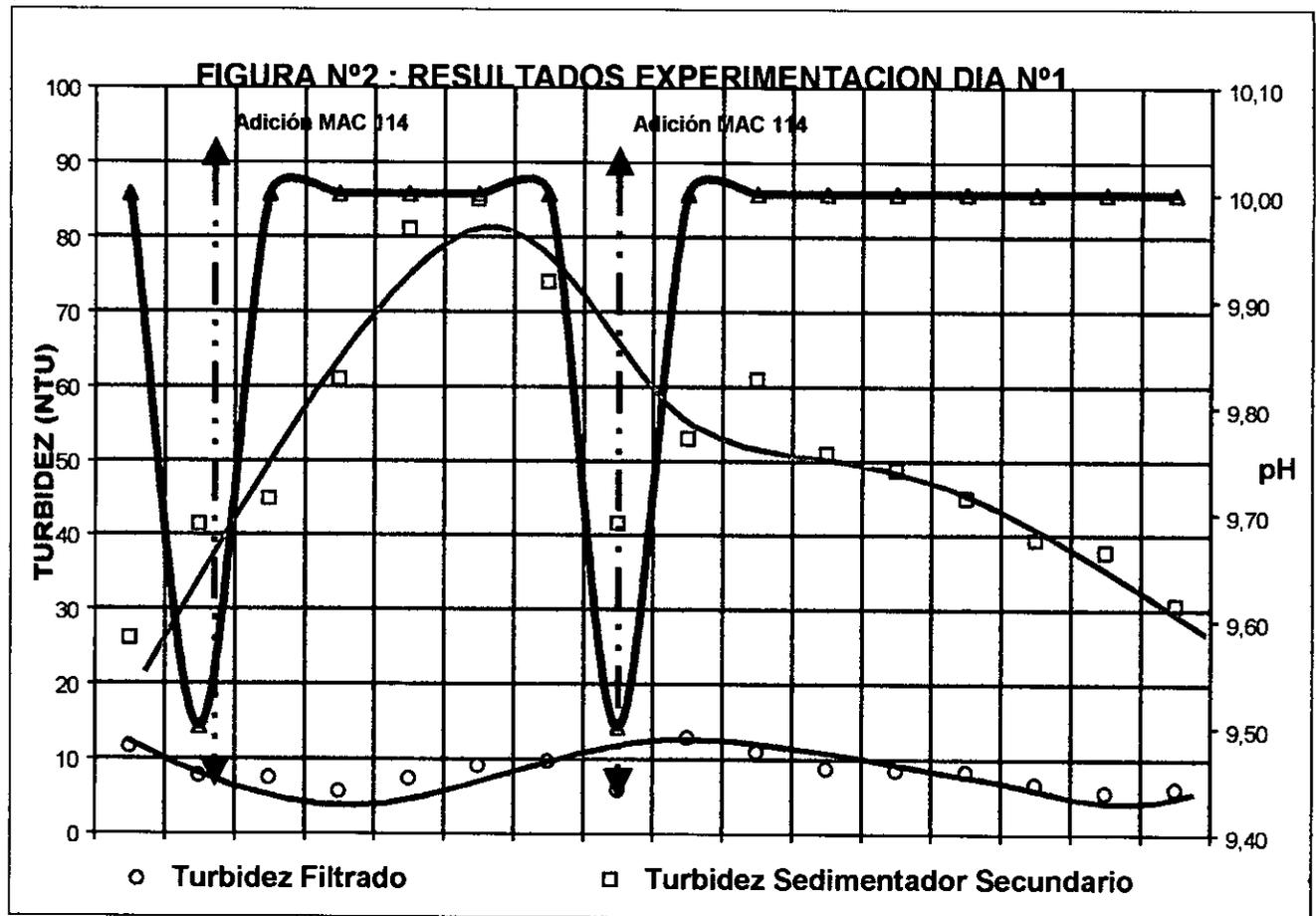
La fase de experimentación con la Planta Piloto se realizó con RIL proveniente de dos líneas de lavado:

- Galpón de Mantenimiento (RILgm)
- Lavado de carros (RILlc)

METRO S.A. proporcionó 1.000 litros de cada RIL, los que fueron tratados por la Planta Piloto. En total, en los tres días de experimentación se trataron 1.750 litros, lo que significa que fue reemplazada la totalidad de la solución inicial que había en la Planta Piloto. En la TABLA N°6, N°7 y N°8 se indican tabulados los resultados, mientras que en las Figuras N°2, N°3 y N°4, éstos se muestran graficados, observándose las tendencias de los parámetros en el tiempo.

TABLA N°6: EXPERIENCIA DIA N°1 RILgm. FECHA: 23/04/2002

| CARGA [L] | t [Hrs] | pH [SED] | TURBIEDAD [NTU] | | | OBSERVACIONES |
|-----------|---------|----------|-----------------|-----------------|----------|---|
| | | | SED. PRIMARIO | SED. SECUNDARIO | FILTRADO | |
| 25 | 0 | 10.0 | 24.50 | 24.50 | | |
| | 1/4 | 10.0 | 37.30 | 26.10 | 11.60 | |
| 50 | 1/2 | 10.0 | 53.00 | 42.90 | | Se Añade RIL y MAC 15 Se Añade MAC 114 (1/2 Carga) |
| | 3/4 | 9.5 | 38.00 | 41.30 | 7.65 | |
| 75 | 1 | 10.0 | 43.50 | 42.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 1/4 | 10.0 | 43.20 | 44.80 | 7.39 | |
| 100 | 1 1/2 | 10.0 | 61.00 | 48.80 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 3/4 | 10.0 | 68.00 | 61.00 | 5.54 | |
| 125 | 2 | 10.0 | 77.00 | 75.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 1/4 | 10.0 | 89.00 | 81.00 | 7.32 | |
| 150 | 2 1/2 | 10.0 | 91.00 | 90.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 3/4 | 10.0 | 78.00 | 85.00 | 9.04 | |
| 175 | 3 | 10.0 | 90.00 | 79.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3 1/4 | 10.0 | 70.00 | 74.00 | 9.65 | |
| 200 | 3 1/2 | 10.0 | 57.00 | 66.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 Se Añade MAC 114 (1/2 Carga) |
| | 3 3/4 | 9.5 | 36.97 | 41.52 | 5.86 | |
| 225 | 4 | 10.0 | 44.17 | 40.43 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 1/4 | 10.0 | 70.00 | 53.00 | 12.86 | |
| 250 | 4 1/2 | 10.0 | 68.00 | 61.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 3/4 | 10.0 | 58.00 | 61.00 | 10.98 | |
| 275 | 5 | 10.0 | 49.96 | 53.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 1/4 | 10.0 | 62.00 | 51.00 | 8.72 | |
| 300 | 5 1/2 | 10.0 | 62.00 | 58.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 3/4 | 10.0 | 41.55 | 48.72 | 8.48 | |
| 325 | 6 | 10.0 | 44.57 | 44.68 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 6 1/4 | 10.0 | 39.35 | 44.86 | 8.28 | |
| 350 | 6 1/2 | 10.0 | 39.05 | 38.07 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 6 3/4 | 10.0 | 39.79 | 39.37 | 6.65 | |
| 375 | 7 | 10.0 | 33.23 | 36.61 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 7 1/4 | 10.0 | 38.26 | 37.73 | 5.62 | |
| 400 | 7 1/2 | 10.0 | 28.62 | 33.45 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 7 3/4 | 10.0 | 27.89 | 30.56 | 6.06 | |



El primer día la solución Batch no tenía contaminante presente y se agregan los productos químicos MAC 114 y MAC 15. Los parámetros de control en el sedimentador primario fueron:

- pH = 10,0
- Turbidez = 24,50 NTU
- Caudal de recirculación = 10 lt/min.

Se añadió 25 litros de RIL cada 30 minutos, se observa un aumento gradual de la turbidez en el Sedimentador Secundario desde 24,50 NTU al inicio, hasta un valor máximo de 85 NTU a las 2:45 horas. Desde ese instante hasta las 8:00 horas, este valor descendió hasta alcanzar una turbidez en torno a 30 NTU.

Por otro lado, la turbidez en el efluente filtrado, en general, no excedió 10 NTU, salvo entre 4:15 y 4:45 horas. Esta tendencia coincide temporalmente con la

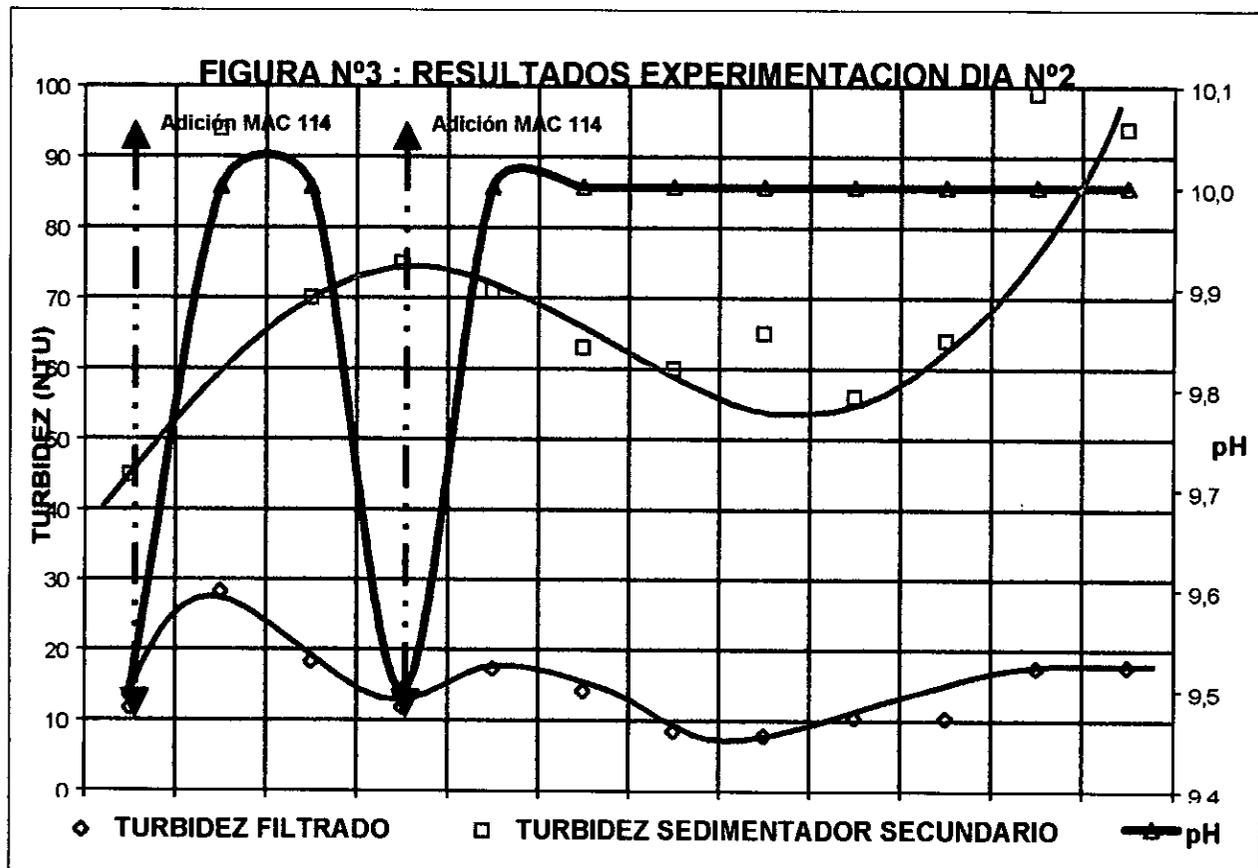
turbidez en el sedimentador secundario, con un desfase de 1:30 horas que más o menos corresponde al tiempo de retención hidráulico de la Planta.

Se observa, además, que a las 3:45 horas hubo un descenso del pH, el que fue en ese mismo instante corregido, el que alcanzó un valor de 9,5. Esto indicaría la dependencia de la eficiencia del tratamiento al variar el pH.

Cabe recordar que el pH es un parámetro indicador de concentración de Mac114. Según nuestras experiencias previas un pH=9,5 significa un 30% de menor concentración de Mac114 del valor óptimo, que es pH=10,0, en que la sedimentación de metales pesados es óptima.

TABLA N°7: EXPERIENCIA DIA N°2 RILgm. FECHA: 25/04/2002

| CARGA [L] | t [Hrs.] | pH [SED] | TURBIEDAD [NTU] | | | OBSERVACIONES |
|-----------|----------|----------|-----------------|-----------------|----------|------------------------------|
| | | | SED. PRIMARIO | SED. SECUNDARIO | FILTRADO | |
| 50 | 0 | 10.0 | 48.37 | 38.18 | | |
| | 1/4 | 9.5 | 48.04 | 44.96 | 11.70 | Se Añade MAC 114 (1/2 Carga) |
| 100 | 1/2 | 10.0 | 50.00 | 47.50 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3/4 | 10.0 | 54.00 | 94.00 | 28.26 | |
| 150 | 1 | 10.0 | 74.00 | 70.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 1/4 | 10.0 | 67.00 | 70.00 | 18.32 | |
| 200 | 1 1/2 | 9.5 | 86.00 | 81.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 3/4 | 9.5 | 65.00 | 75.00 | 11.83 | Se Añade MAC 114 (1/2 Carga) |
| 250 | 2 | 11.5 | 82.00 | 75.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 1/4 | 10.0 | 76.00 | 71.00 | 17.30 | |
| 300 | 2 1/2 | 10.0 | 64.00 | 66.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 3/4 | 10.0 | 60.00 | 63.00 | 14.20 | |
| 350 | 3 | 10.0 | 83.00 | 74.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3 1/4 | 10.0 | 46.13 | 60.00 | 8.49 | |
| 400 | 3 1/2 | 10.0 | 51.00 | 61.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3 3/4 | 10.0 | 58.00 | 65.00 | 7.85 | |
| 450 | 4 | 10.0 | 74.00 | 71.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 1/4 | 10.0 | 50.00 | 56.00 | 10.38 | |
| 500 | 4 1/2 | 10.0 | 61.00 | 62.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 3/4 | 10.0 | 61.00 | 64.00 | 10.31 | |
| 550 | 5 | 10.0 | 99.00 | 100.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 1/4 | 10.0 | 81.00 | 99.00 | 17.49 | |
| 600 | 5 1/2 | 10.0 | 96.00 | 96.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 3/4 | 10.0 | 80.00 | 94.00 | 17.65 | |



En el segundo día ya se habían ingresado 400 litros de RILgm. Los parámetros de control inicial en el sedimentador primario fueron:

- pH = 10,0
- Turbidez = 48,37 NTU
- Caudal de recirculación = 10 lt/min.

Se añadió 50 litros de RIL cada 30 minutos. A los 15 minutos, el pH había descendido a 9,5, por lo que se procedió a dosificar Mac114. No obstante, a las 1:45 se observó un nuevo descenso de pH a 9,5, donde se procedió nuevamente a dosificar Mac114.

Se observa un aumento gradual de la turbidez en el sedimentador secundario desde 24,50 NTU al inicio, hasta un valor máximo de 75 NTU a las 1:45 horas. Desde ese instante hasta las 4:15 horas, este valor descendió hasta alcanzar

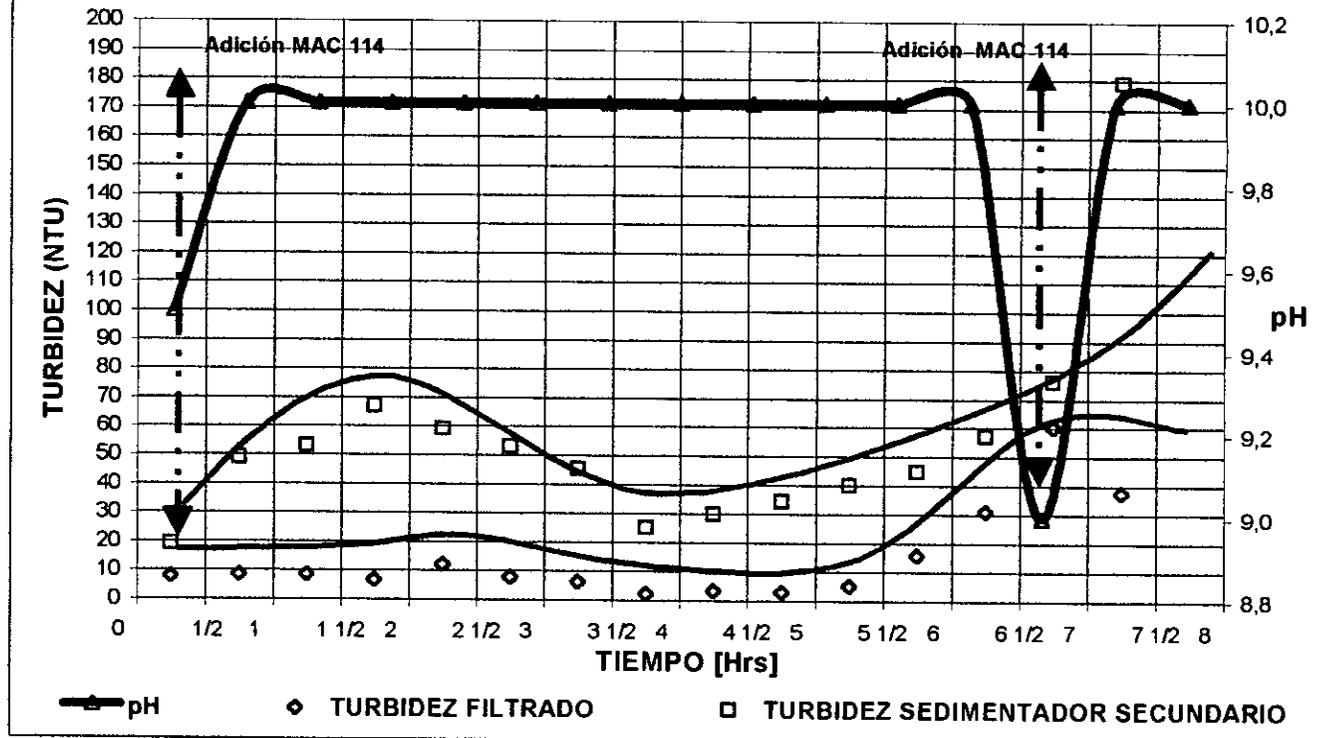
una turbidez en torno a 55 NTU, para posteriormente volver a elevarse hasta 95 NTU, a las 6:00 horas.

Por otro lado, la turbidez en el efluente filtrado, osciló entre 10 y 20 NTU, salvo entre 3:15 y 3:45 horas, que bajo el valor 10 NTU. En forma similar al Día N°1, se observan valores punta en la turbidez del sedimentador secundario y del filtrado, coincidente con el descenso de pH.

TABLA N°8:EXPERIENCIA DIA N°3 RILgm. FECHA: 06/05/20002

| CARGA [L] | t [Hrs] | pH [SED] | TURBIEDAD [NTU] | | | OBSERVACIONES |
|---|---------|----------|-----------------|-----------------|----------|---------------------------------------|
| | | | SED. PRIMARIO | SED. SECUNDARIO | FILTRADO | |
| 50 | 0 | 9.5 | 48.19 | 17.04 | | |
| | 1/4 | 9.5 | 19.40 | 19.00 | 7.91 | Se Añade MAC 114 (1/2 Carga) y MAC 15 |
| 100 | 1/2 | 10.0 | 50.00 | 30.19 | | |
| | 3/4 | 10.0 | 51.00 | 48.86 | 8.62 | |
| 150 | 1 | 10.0 | 55.00 | 50.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 1/4 | 10.0 | 48.90 | 53.00 | 8.61 | |
| 200 | 1 1/2 | 10.0 | 68.00 | 68.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 1 3/4 | 10.0 | 58.00 | 67.00 | 6.66 | |
| 250 | 2 | 10.0 | 74.00 | 69.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 1/4 | 10.0 | 49.60 | 59.00 | 12.13 | |
| 300 | 2 1/2 | 10.0 | 70.00 | 67.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 2 3/4 | 10.0 | 36.20 | 53.00 | 7.86 | |
| 350 | 3 | 10.0 | 52.00 | 52.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3 1/4 | 10.0 | 29.70 | 45.30 | 6.18 | |
| 400 | 3 1/2 | 10.0 | 66.00 | 56.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 3 3/4 | 10.0 | 20.70 | 25.20 | 2.30 | |
| Cambio de Tambor Turbiedad RIL=70 NTU | | | | | | |
| 450 | 4 | 10.0 | 26.00 | 26.30 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 1/4 | 10.0 | 32.40 | 29.90 | 3.35 | |
| 500 | 4 1/2 | 10.0 | 35.80 | 32.30 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 4 3/4 | 10.0 | 31.80 | 34.30 | 3.00 | |
| 550 | 5 | 10.0 | 40.50 | 38.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 1/4 | 10.0 | 37.30 | 39.90 | 5.10 | |
| 600 | 5 1/2 | 10.0 | 42.50 | 43.10 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 5 3/4 | 10.0 | 42.80 | 44.60 | 15.60 | |
| 650 | 6 | 9.5 | 55.00 | 57.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 6 1/4 | 9.0 | 54.00 | 57.00 | 30.90 | |
| 700 | 6 1/2 | 9.5 | 65.00 | 64.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 6 3/4 | 10.0 | 80.00 | 76.00 | 60.00 | |
| Cambio de Tambor Turbiedad RIL= 80 NTU | | | | | | |
| 750 | 7 | 10.0 | 102.00 | 179.00 | | Se Añade RIL y MAC 15 |
| | 7 1/4 | 10.0 | 102.00 | 179.00 | 37.40 | |

FIGURA N°4 : RESULTADOS EXPERIMENTACION DIA 3



El segundo día ya se habían ingresado 1.000 litros de RILgm. El tercer día se realizó la experimentación con RILlc. Los parámetros de control en el sedimentador primario fueron:

- pH = 9,5
- Turbidez = 48,19 NTU
- Caudal de recirculación = 10 lt/min.

Se añadió 50 litros de RIL cada 30 minutos. Inicialmente se procedió a dosificar Mac114. Lo que mantuvo el pH=10 durante casi toda la experiencia. A las 6:45 se dosificó nuevamente Mac114 dada una baja de pH a 9,5.

Se observa un aumento gradual de la turbidez en el sedimentador secundario desde 7,83 NTU al inicio, hasta un valor máximo de 67 NTU a las 1:45 horas. Desde ese instante hasta las 3:45 horas, este valor descendió hasta alcanzar

una turbidez en torno a 25 NTU, para posteriormente volver a elevarse hasta 76 NTU, a las 6:45 horas.

Por otro lado, la turbidez en el efluente filtrado, estuvo bajo 10 NTU, salvo después de las 5:45, que se elevó hasta 60 NTU. En forma similar a los días anteriores, se observan valores punta en la turbidez del sedimentador secundario y del filtrado, coincidente con el descenso de pH.

BIBLIOTECA CONFO

RESULTADOS DE TRATAMIENTOS DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS

RIL Procedente del Galpón de Mantenición (RILgm)

Una vez realizado el tratamiento de estos residuos industriales líquidos, los siguientes parámetros no cumplen con el Decreto MOP N°609:

- Hidrocarburos totales
- PH
- Poder espumógeno

El pH toma un valor igual a 10, producto del tratamiento. Se debe añadir un tratamiento extra al rebalse de una Planta real para entregar pH ≤ 9 , de acuerdo a la Norma.

El poder espumógeno no es tratado por esta Planta, ya que el concepto es recuperar detergente para ser reutilizado en el proceso de lavado.

Respecto a los hidrocarburos totales, este parámetro fue abatido en un 73,4%, que a pesar de ser bastante alto, no cumple con el límite establecido en la Norma.

Un valor general representativo de la eficiencia de tratamiento corresponde a los sólidos suspendidos total cuyo valor inicial de 2.140 mg/lit descendió a 12 mg/lit, representando una remoción de un 99,4%.

Todos los parámetros contaminantes que estaban fuera del límite de la norma tuvieron niveles de remoción desde un 43,4% para el fósforo hasta un 99,8% para el cobre.

En la fotografía de la Figura N°5 se aprecia un claro contraste entre el RIL de entrada (izquierda) y el RIL tratado (derecha)

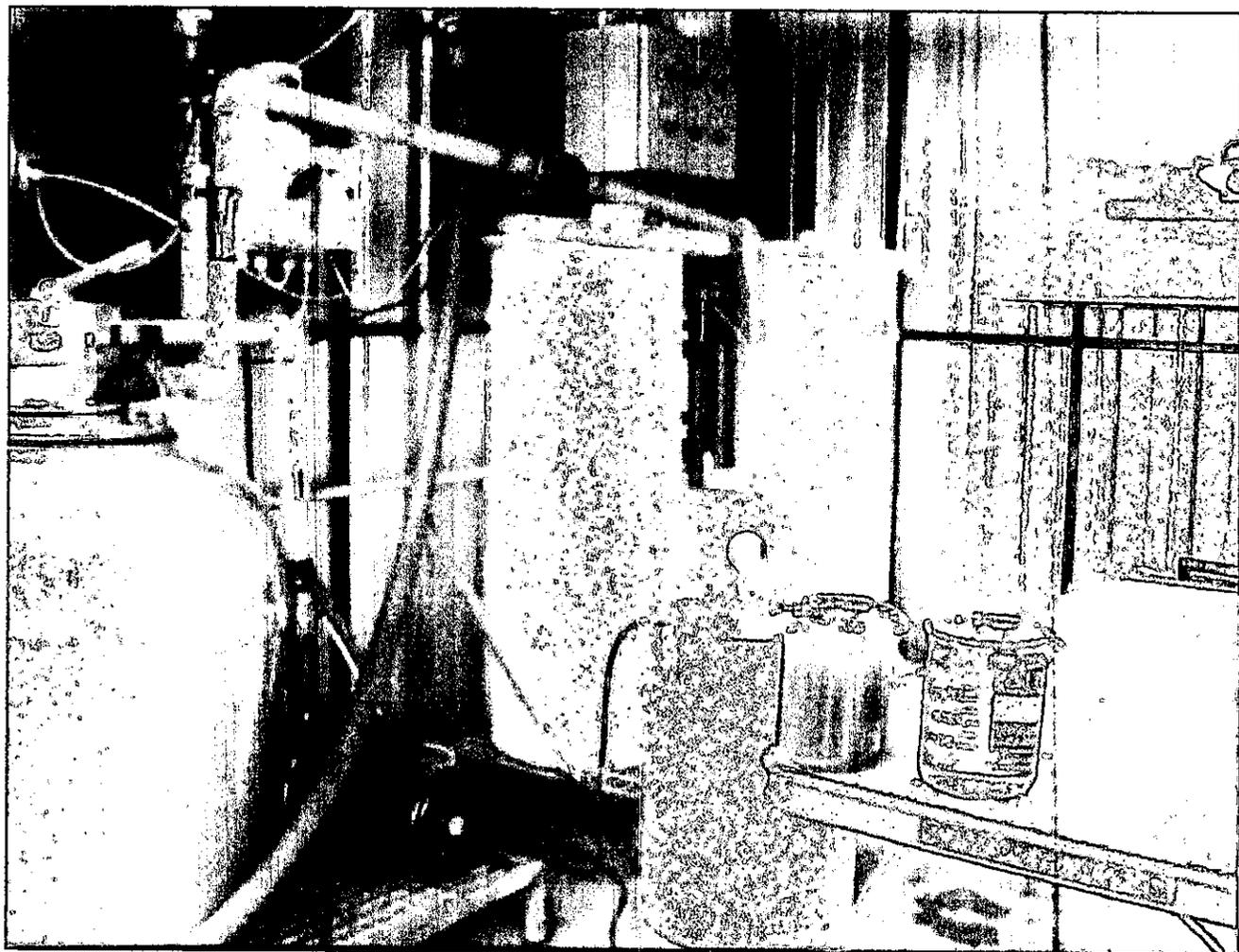


Figura N° 5 Comparación RIL entrada v/s RIL tratado del Galpón de Mantención

En la Tabla N°9 se muestran los resultados de un análisis químico del tratamiento de los Riles provenientes del galpón de mantención.

**Tabla N°9: RESULTADOS TRATAMIENTO RILgm.
RIL proveniente del Lavado de Piezas.**

| Parámetro | Unidad | Expr. como | Límite Norma | Entrada | Cumple | Salida | Cumple | Remoción (%) |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------|--------------|---------|--------|--------|--------|--------------|
| Aceites y Grasas | mg/lt | AyG | 150 | 211 | NO | 15 | SI | 92.9 |
| Aluminio | mg/lt | Al | 10 | 23.1 | NO | 4 | SI | 82.7 |
| Arsénico | mg/lt | As | 0.5 | 0.04 | SI | 0.02 | SI | 50.0 |
| Boro | mg/lt | B | 4 | 0.61 | SI | 0.36 | SI | 41.0 |
| Cadmio | mg/lt | Cd | 0.5 | 0.36 | SI | 0.01 | SI | 97.2 |
| Cianuro | mg/lt | CN- | 1 | 0.45 | SI | 0.45 | SI | 0.0 |
| Cobre | mg/lt | Cu | 3 | 114.6 | NO | 0.25 | SI | 99.8 |
| Cromo hexavalente | mg/lt | Cr+6 | 0.5 | 0.11 | SI | 0.11 | SI | 0.0 |
| Cromo total | mg/lt | Cr | 10 | 1.47 | SI | 0.09 | SI | 93.9 |
| Hidrocarburos totales | mg/lt | HC | 20 | 729 | NO | 194 | NO | 73.4 |
| Manganeso | mg/lt | Mn | 4 | 5.92 | NO | 0.04 | SI | 99.3 |
| Mercurio | mg/lt | Hg | 0.02 | 0.007 | SI | 0.001 | SI | 85.7 |
| Níquel | mg/lt | Ni | 4 | 0.9 | SI | 0.11 | SI | 87.8 |
| PH | Unidad | pH | 5,5-9,0 | 7 | SI | 10 | NO | 0.0 |
| Plomo | mg/lt | Pb | 1 | 1.89 | NO | 0.25 | SI | 86.8 |
| Poder espumógeno | mm | PE | 7 | 35 | NO | 60 | NO | 0.0 |
| Sólidos sedimentables | ml/lt 1 h | S.D. | 20 | 35 | NO | 0.5 | SI | 98.6 |
| Sulfatos | mg/lt | SO ₄ ⁻² | 1000 | 530 | SI | 448 | SI | 15.5 |
| Sulfuros | mg/lt | S-2 | 5 | 0.03 | SI | 0.03 | SI | 0.0 |
| Temperatura | °C | T° | 35 | 15 | SI | 15 | SI | 0.0 |
| Zinc | mg/lt | Zn | 5 | 1.82 | SI | 0.2 | SI | 89.0 |
| DBO5 | mg/lt | DBO5 | 300 | 308 | NO | 218 | SI | 29.2 |
| Fósforo | mg/lt | P | 15 | 17.3 | NO | 9.8 | SI | 43.4 |
| Nitrógeno amoniacal | mg/lt | NH ₄ | 80 | 0.71 | SI | 0.28 | SI | 60.6 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/lt | S.S. | 300 | 2140 | NO | 12 | SI | 99.4 |

RIL Procedente del Galpón de Lavado de Coche (RILic)

En el RIL de entrada, sólo el poder espumógeno no cumple con el Decreto MOP N°609. Este toma un valor de 10 mm. mientras que el límite establecido en la Norma es de 7 mm. Salvo este parámetro, este RIL se encuentra en condiciones para ser descargado al alcantarillado público de aguas servidas.

Una vez realizado el tratamiento el poder espumógeno se elevó a 60 mm. En forma similar al RILgm, el pH toma un valor igual a 10, producto del tratamiento.

No obstante lo anterior, igualmente la remoción fue importante. Tomando el mismo parámetro representativo, la remoción de sólidos suspendidos descendió de 233 mg/lit descendió a 13 mg/lit, representando una remoción de un 94,4%.

En las fotografía de la Figura N° 6 se aprecia un claro contraste entre el RIL de entrada (izquierda) y el RIL tratado (derecha).

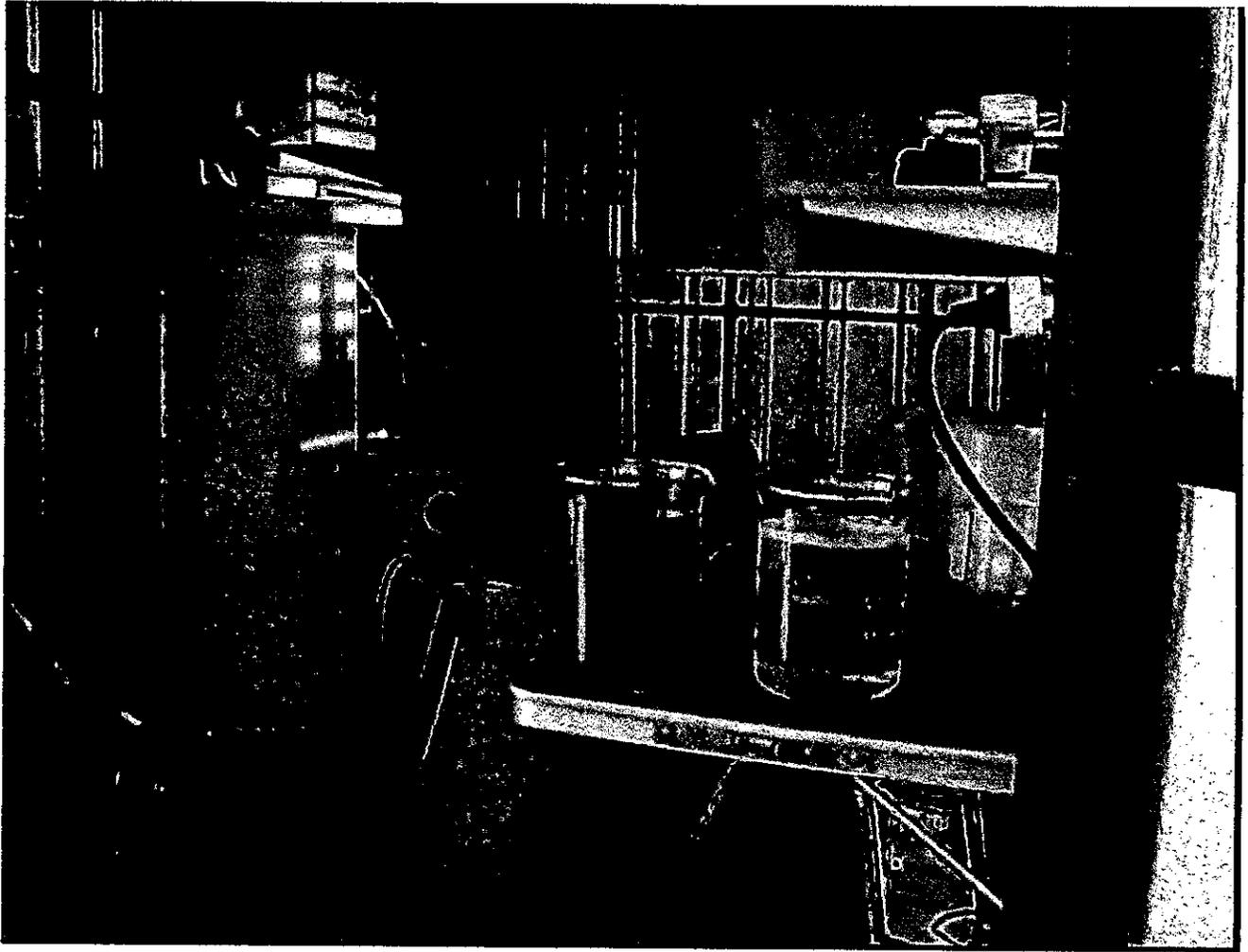


Figura N° 6 Comparación RIL entrada v/s RIL tratado del Galpón de Lavado de Trenes

BIBLIOTECA CORFO

TABLA N°10: RESULTADOS TRATAMIENTO RILic.
RIL proveniente del Lavado de Coches.

| Parámetro | Unidad | Expr. como | Límite Norma | Entrada | Cumple | Salida | Cumple | Remoción (%) |
|-----------------------------|-----------|-------------------------------|--------------|---------|--------|--------|--------|--------------|
| Aceites y Grasas | mg/lt | AyG | 150 | 16 | SI | 10 | SI | 37.5 |
| Aluminio | mg/lt | Al | 10 | 0.9 | SI | 0.9 | SI | 0.0 |
| Arsénico | mg/lt | As | 0.5 | 0.02 | SI | 0.02 | SI | 0.0 |
| Boro | mg/lt | B | 4 | 0.27 | SI | 0.32 | SI | 0.0 |
| Cadmio | mg/lt | Cd | 0.5 | 0.01 | SI | 0.01 | SI | 0.0 |
| Cianuro | mg/lt | CN- | 1 | 0.45 | SI | 0.45 | SI | 0.0 |
| Cobre | mg/lt | Cu | 3 | 2.4 | SI | 0.24 | SI | 90.0 |
| Cromo hexavalente | mg/lt | Cr+6 | 0.5 | 0.11 | SI | 0.11 | SI | 0.0 |
| Cromo total | mg/lt | Cr | 10 | 0.09 | SI | 0.09 | SI | 0.0 |
| Hidrocarburos totales | mg/lt | HC | 20 | 4 | SI | 4 | SI | 0.0 |
| Manganeso | mg/lt | Mn | 4 | 0.35 | SI | 0.04 | SI | 88.6 |
| Mercurio | mg/lt | Hg | 0.02 | 0.002 | SI | 0.001 | SI | 50.0 |
| Níquel | mg/lt | Ni | 4 | 0.11 | SI | 0.11 | SI | 0.0 |
| pH | Unidad | pH | 5,5-9,0 | 7 | SI | 10 | NO | 0.0 |
| Plomo | mg/lt | Pb | 1 | 0.25 | SI | 0.25 | SI | 0.0 |
| Poder espumógeno | mm | PE | 7 | 10 | NO | 60 | NO | 0.0 |
| Sólidos sedimentables | ml/lt 1 h | S.D. | 20 | 1 | SI | 0.5 | SI | 50.0 |
| Sulfatos | mg/lt | SO ₄ ⁻² | 1000 | 402 | SI | 449 | SI | 0.0 |
| Sulfuros | mg/lt | S-2 | 5 | 0.03 | SI | 0.03 | SI | 0.0 |
| Temperatura | °C | T° | 35 | 15 | SI | 15 | SI | 0.0 |
| Zinc | mg/lt | Zn | 5 | 0.42 | SI | 0.2 | SI | 52.4 |
| DBO5 | mg/lt | DBO5 | 300 | 161 | SI | 37 | SI | 77.0 |
| Fósforo | mg/lt | P | 15 | 7.1 | SI | 0.8 | SI | 88.7 |
| Nitrógeno amoniacal | mg/lt | NH ₄ | 80 | 2.36 | SI | 0.12 | SI | 94.9 |
| Sólidos suspendidos totales | mg/lt | S.S. | 300 | 233 | SI | 13 | SI | 94.4 |

En esta experiencia se utilizó, en general, sólo la bomba sumergible para obtener los caudales de recirculación requeridos. Dado que la tecnología empleada implícitamente corresponde a un proceso de recirculación de agua de lavado, y éste no está contemplado en las plantas actuales, se hizo necesario simular esta situación. Como además, se requirió evaluar la eficiencia de la sedimentación, para la adición de RIL se operó de la siguiente manera:

Cada 30 minutos se agregó un volumen predeterminado de RIL. La situación de recirculación de agua de lavado se realizó retornando el caudal de agua filtrada hacia el Estanque Separador de Aceite, intentando respetar los parámetros de diseño.

Vale recordar los parámetros de diseño que se deben respetar para obtener una adecuada sedimentación:

Velocidad ascensional

| | | |
|---|------------------------------|---|
| V | : Velocidad de sedimentación | ≤ 1 m/hora |
| A | : Area sedimentador | $= 1$ m ² |
| Q | : Caudal de recirculación | ≤ 1 m ³ /hora = 17 lt/min |

Tiempo retención

| | | |
|---|-------------------------------|--|
| T | : Tiempo retención hidráulico | $= 2$ horas |
| Q | : Caudal de recirculación | ≤ 1 m ³ / 2 x(1.000/60) = 8,3 lt/min |

La Planta Piloto posee una capacidad mínima de entrega de 10 lt/min, por lo que se satisface ampliamente la restricción de Velocidad ascensional, mientras que el tiempo de retención hidráulico alcanza a 1,67 horas.

Experimentalmente se realizó el proceso de ingreso de contaminantes y de agua en forma separada, lo que en una Planta de Lavado real ocurre en forma simultánea dado que en este caso el agua de lavado arrastra la suciedad de los vehículos.

El Mac114 se dosifica inicialmente en solución de agua limpia hasta alcanzar pH=10,0. A medida que se añade contaminante al sistema se debe reponer el Mac114 consumido. La adición de Mac114 se realizó cada vez que el pH descendía a 9,5. En la Bibliografía se informa que la concentración requerida de Mac 114 para obtener un pH=10 oscila entre 0,7 y 1,8 gr/lt. Por otro lado, tomando en cuenta los resultados

experimentales previos que más adelante se señalan, se definió una “carga” de Mac 114 que corresponde a una dosificación adicional de 0,5 gr/lt. Considerando el volumen total del sistema (1.400 litros), la dosificación adicional de cada “carga” corresponde a 700 gr. de Mac 114.

La adición de Mac 15 se realizó en forma conjunta con el agregado de RIL. De acuerdo a los resultados experimentales previos que más adelante se señalan, se concluyó una dosificación de 16 mg. por cada litro de RIL agregado al sistema. Ambos químicos de agregaron diluidos en el estanque separador de aceites.

Los parámetros de control del proceso fueron: pH en el Estanque Separador de Aceite y Turbidez en el Estanque Separador de Aceite, Sedimentador Secundario y Agua Filtrada. Ambos valores fueron controlados cada 15 minutos.

La dosificación de los químicos se efectúa en forma automática. El agregado de Mac114 se realiza cuando el pH desciende de 10, mientras que el Mac15 se agrega en conjunto con el retrolavado, en cantidades que dependen del proceso en particular.

En esta fase, la experimentación se efectuó en la modalidad Batch, de modo que la dosificación de productos químicos se realizó manualmente.

El Mac114 se agregaba en el momento que el pH descendía a 9,5, mientras que el Mac15 se agregaba cada vez que se añadía RIL al sistema.

CONCLUSIONES TRATAMIENTO DE RESIDUOS INDUSTRIALES LIQUIDOS

- Se observó que los equipos implementados operaron perfectamente, cumpliendo con los parámetros de operación esperados
- La eficiencia de la sedimentación primaria y secundaria, como se observa de la experiencia es muy alta, prediciéndose mejoras a futuro si se sigue estudiando la optimización de los diseños de sedimentadotes.
- La filtración a presión cumplió con todos los parámetros de remoción que se esperaban.
- En relación al RILgm. Se pudo observar que no cumple con los parámetros de hidrocarburos totales, Ph y Poder Espumógeno. Esto se explica dado que este RIL contiene elementos extraordinariamente contaminantes, representados por los reactivos y despinturantes empleados en el lavado de las piezas mecánicas del equipo de tracción y rodado del tren. Lo cual requiere la utilización de algunos productos químicos adicionales para el tratamiento que no fueron empleados.
- En lo que respecta al RILlc, proveniente de la planta de lavado de coches. Se pudo observar, que prácticamente cumple con abatir todos los parámetros que establece la norma, salvo el poder espumógeno y pH que interesa no abatir por cuanto se trata de recuperar el detergente a fin de reutilizarlo en el lavado de coches.
- Se cumple totalmente con la normativa ambiental por cuanto, prácticamente no se descarga RIL sobre los ductos de los sistemas de alcantarillado públicos

INTRODUCCION DEL PRODUCTO AL MERCADO

De acuerdo al estudio de mercado desarrollado existen aproximadamente 57 Estaciones de Servicios ubicadas en la Zona Sur de la Red Operativa de AGUAS ANDINAS, que tienen sistemas de lavado de automóviles manual o automático y que al momento de entrar en funcionamiento la Planta de Tratamiento (Planta Trebal), deberán ajustar las variables de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado a lo que establece la Norma.

Si bien la solución tecnológica desarrollada esta orientada al tratamiento de residuos industriales líquidos provenientes de Estaciones de Servicios que cuentan con centros automáticos de lavado, no se descarta la aplicación de esta a otros sectores industriales que generan residuos industriales líquidos contaminantes.

BIBLIOTECA CORFO

En consecuencia con lo anterior se desarrollara una campaña de difusión indirecta que permita posicionar a la empresa como una empresa de ingeniería que brinda soluciones innovadoras a los temas de contaminación ambiental.

Para estos efectos se desarrolló un video y díptico promocional de la tecnología que permite demostrar el principio de funcionamiento (se adjunta el respectivo video y díptico).

En una etapa de venta más directa aquellos usuarios que cuente con un real interés por instalar una planta de tratamiento de riles basado en un concepto de reciclado de productos podrán realizar pruebas con la planta piloto móvil con que se cuenta.