

NUEVA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS PARA EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES LÍQUIDOS DEL COMPLEJO INDUSTRIAL REFINERÍA LUJÁN DE CUYO

Ing.º Omar Jorge Ortiz

Ing.º Eduardo Enrique de Casas

Complejo Industrial Refinería Luján de Cuyo

REPSOLYPF

SINOPSIS

ADECUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES EN REFINERÍA LUJÁN DE CUYO - PROYECTO : NUEVA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS

Como es lógico a toda industria de proceso continuo como una Refinería de petróleo, para su operación normal es necesario el abastecimiento de agua para el desarrollo de las operaciones y procesos involucrados, generándose así como producto residual un efluente líquido que debe cumplir una determinada calidad para su correcta disposición.

Actualmente la Refinería Luján de Cuyo cuenta con un sistema de tratamiento de efluentes industriales que le permite cumplir con la especificación establecida por la reglamentación existente y proceder a su devolución al Río Mendoza.

Los efluentes líquidos provenientes de las Plantas de Proceso y de las purgas de los tanques de almacenamiento de petróleo y productos de la refinación están compuestos por agua con hidrocarburos, productos sólidos finos en suspensión y compuestos químicos orgánicos e inorgánicos. En el tratamiento de los efluentes se realizan sucesivas etapas de : a) despojamiento con vapor , eliminando así la mayor parte de compuestos de azufre y nitrógeno. b) separación física para recuperación de sólidos e hidrocarburo, aprovechando las diferencias de densidades de los productos y c) finalmente el agua efluente, con trazas de hidrocarburo, impurezas y componentes químicos se trata en lagunas de oxidación para completar su depuración. En estas lagunas se realiza la degradación microbiológica de compuestos biodegradables completando así la adecuación para el vertido del agua.

En la Provincia de Mendoza el organismo de control de calidad de vuelcos de efluentes a cauces públicos es la Policía del Agua del Departamento General de Irrigación. Las especificaciones de los efluentes vertidos a los cauces públicos deben cumplir con la Resolución 778 / 96, la cual es muy estricta , con valores de parámetros muy exigentes. La Refinería Luján de Cuyo, si bien cumple con las especificaciones exigidas por el Departamento General de Irrigación, decidió adecuar sus instalaciones de acuerdo a la tendencia de los nuevos tratamientos de manera de optimizar su actual sistema de acondicionamiento de efluentes, incorporando moderna tecnología, incrementando su capacidad para futuras ampliaciones y reduciendo el área de operación del actual sistema de manera tal que le permitirá reasegurar las especificaciones de sus vertidos actuales y futuros.

El proyecto de adecuación del tratamiento biológico de efluentes líquidos consiste fundamentalmente en el montaje de una Planta de Lodos Activados que reemplazará al sistema de canales y lagunas y que, concentrando las actividades de tratamiento del agua devuelta al río ,

permitirá el reuso de este recurso como agua de riego . Este reuso será parcial debido a que se debe cumplir con una cuota de devolución del agua tomada.

Las nuevas instalaciones se concentrarán en una zona de tratamiento reducida respecto de la actual con lo que se disminuirán la evaporación y la superficie líquida. Sin lugar a dudas representa un nuevo desafío de renovación del compromiso de la Empresa con el Medio Ambiente.

Esta nueva Planta, está en la etapa de ejecución de la Ingeniería de Detalle del Proyecto y comenzará a construirse durante el cuarto trimestre de 2003, quedando en servicio durante el primer semestre del próximo año.

La inversión destinada a este proyecto es del orden de U\$S 8.000.000.

I. INTRODUCCIÓN

La Provincia de Mendoza, donde se encuentra emplazado en el Complejo Industrial Refinería Luján de Cuyo, está situada al Oeste de la República Argentina, cuenta con una superficie de 150.839 km², equivalente al 5,4 % del territorio nacional, siendo su población 1,6 millones de habitantes, de los cuales el 80 % se concentra en el Oasis Norte.

La actividad económica que más agua consume es la agricultura de frutas y hortalizas de clima templado, las que son consumidas en el mercado nacional e internacional. La vid ha sido el principal cultivo por décadas, ocupando la mitad de la superficie apta para cultivo y aporta el 60% del valor de la producción agrícola. Otros productos agrícolas relevantes son el ajo, cebolla, aceitunas, duraznos, ciruelas, manzanas y peras.

Las actividades económicas significativas son la agroindustria, la generación eléctrica, la extracción y refinación de petróleo, la metalmecánica y los servicios asociados a las mismas.

En términos generales las principales exportaciones de la provincia son los derivados del petróleo, ajos, vinos, mostos y frutas.

Mendoza es una zona semiárida en donde menos del 3% de su superficie está cultivada, con precipitaciones promedio inferiores a 200 mm anuales.

Las actividades humanas se han concentrado en tres oasis:

- Oasis Norte: Ríos Mendoza y Tunuyán Inferior
- Oasis Valle de Uco: Ríos Tunuyán Superior, Las Tunas, además de arroyos y vertientes .
- Oasis Sur: Ríos Diamante y Atuel

Los ríos nacen en la cordillera de los Andes y están formados por aguas de origen nival, teniendo los mayores caudales en la época estival debido al deshielo.

En los oasis Norte y Valle de Uco se extrae en forma significativa agua subterránea, utilizada como complemento del recurso hídrico superficial.

El 90% del agua disponible en la provincia se destina al uso agrícola y particularmente, en el Oasis del río Mendoza por ser el más poblado, el 17% se destina para abastecimiento poblacional.

A continuación se presentan datos comparativos de la disponibilidad del agua.

Tabla comparativa de disponibilidad de agua por habitante en m3/habitante/año		
Disponibilidad promedio mundial		7.400
Situación crítica		< 1.700
Mendoza	Promedio General	3.317
	Río Mendoza	1.621
	Cuenca Sur	10.740
Argentina	Ocupa el puesto 43 a nivel mundial	21.000
Groenlandia	Ocupa el puesto 1 a nivel mundial	1.767.857
Chile	5° Reg y Metropolitana	< 1000
	2 y 3 Regiones	< 500
Israel	Franja de Gaza	52

1. Resumen :

Debido a que el agua es un recurso natural escaso y valioso en la Provincia de Mendoza, el Complejo Industrial Refinería Luján de Cuyo se impone optimizar los procesos y servicios en los que la emplea.

Un uso racional del agua implica el tratamiento y reuso de los efluentes industriales y condensado de vapor, la disminución de los consumos y la concientización a personal propio y contratado sobre la importancia de estas acciones.

La Refinería Luján de Cuyo está situada en la margen sur del Río Mendoza, del cual se obtiene el agua necesaria para las diferentes etapas del proceso de refinación del petróleo.

El agua que se toma del río Mendoza, no es de libre disponibilidad y el Complejo Industrial tiene asignado un cupo otorgado por la ley según concesiones.

Una vez que el agua del río ingresa a la Refinería se trata para darle los siguientes usos:

- ✓ Agua potable para 1200 operarios propios y contratados
- ✓ Agua para regar 30 hectáreas del Complejo
- ✓ Agua desmineralizada para generación de vapor
- ✓ Agua de reserva para afrontar emergencias de incendio y mitigación
- ✓ Agua para los sistemas de enfriamiento de equipos
- ✓ Agua para limpieza de equipos y unidades

En los últimos años se han realizado acciones que permitieron reducir en un 65 % el consumo promedio de agua que se tomaba del río Mendoza (de 4800 a 2200 m3/ h), dejándola disponible para consumos vitales de una zona semidesértica como lo son la potabilización y el riego.

2. Desarrollo:

La Refinería Luján de Cuyo certificó las normas ISO 9001 y 14001 y con ello asumió un compromiso adicional con el medio ambiente y el uso racional de los recursos, por lo tanto se impone en forma permanente optimizar los procesos y servicios en los que emplea el agua, disminuyendo sus consumos y haciendo un reuso parcial de los efluentes industriales y del condensado de vapor.

Con el propósito de alcanzar un manejo sustentable del recurso se necesita, además de una firme decisión empresaria, de la participación de todos los empleados propios y contratados para que se considere el valor del agua haciendo un uso eficiente de la misma y cuidando de no retornarla contaminada para preservar la calidad de las reservas naturales.

Para asegurar un manejo eficiente del agua, la Refinería elaboró un programa que comprende las acciones necesarias para desarrollar una política de conservación de los recursos de acuerdo al siguiente principio básico:

- ✓ La protección de la calidad y la cantidad de los recursos hídricos disponibles, considerando la gestión del agua como un ciclo integral: captación, tratamiento, distribución y consumo, saneamiento y depuración, y reutilización o vertido final.

3. Sistema de tratamiento de agua

La Refinería Luján de Cuyo toma el agua del Río Mendoza desde el dique Las Compuertas, ingresando hasta su planta de tratamiento por un canal de captación hormigonado en la totalidad de su trayecto.

Por resolución del Departamento General de Irrigación de la provincia de Mendoza, la Refinería tiene asignado un cupo máximo de captación del río de 5080 m3/hora, divididos en 1368 m3/hora para uso consuntivo del agua y los restantes 3712 m3/hora para uso no consuntivo.

Características del agua proveniente del río Mendoza, incluyendo variación estacional:

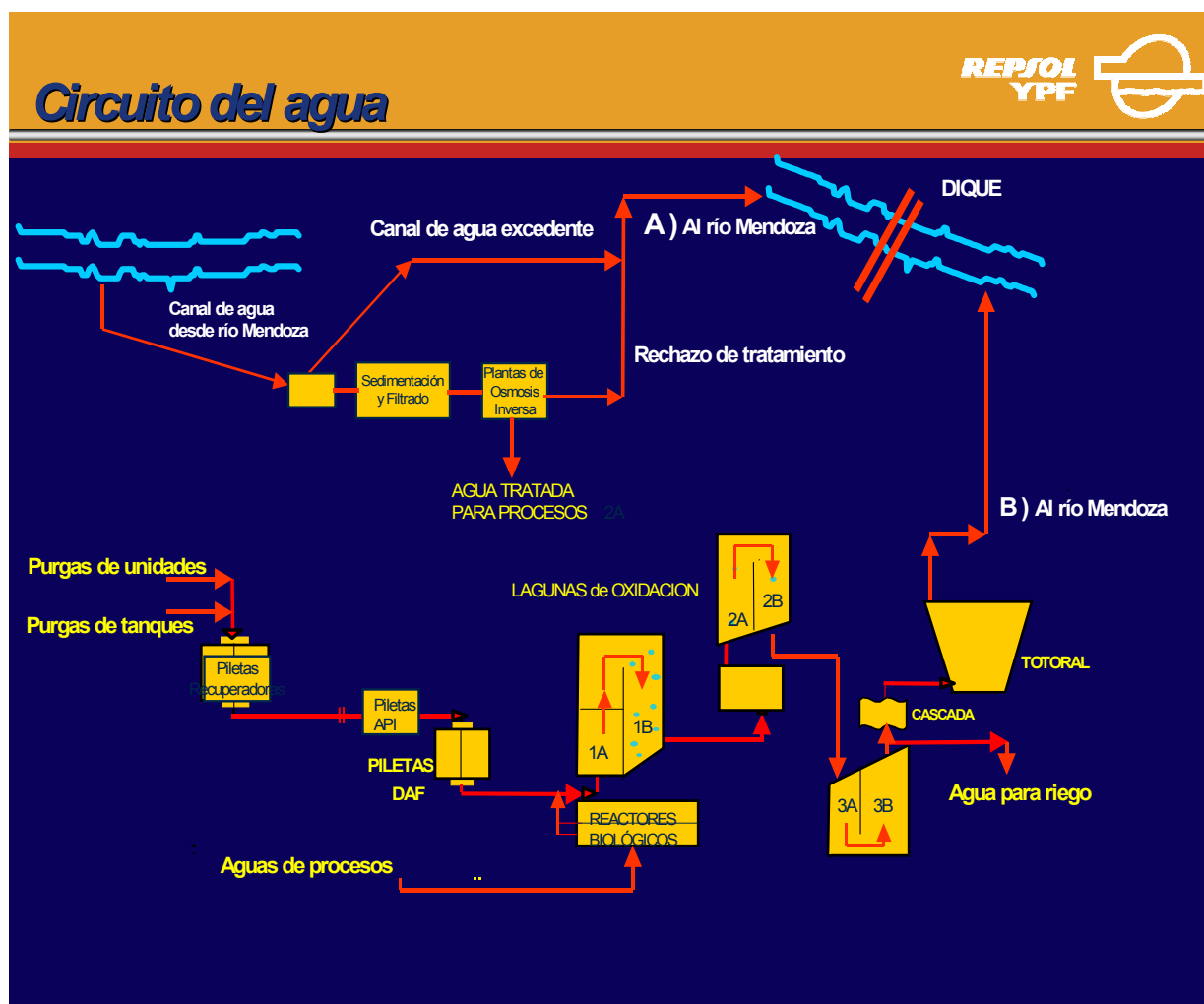
Característica	Promedio
Calcio	380 mg/l
Magnesio	20 mg/l
Sodio	61mg/l
Hierro Total	0.3 mg/l
Bicarbonatos	139 mg/l
Sulfatos	284 mg/l
Cloruros	92 mg/l
Sílice	11.1 mg/l
pH	7.8
Conductividad	950Us/cm
Turbiedad	10 NTU
Dureza Total	407 ppm
Alcalinidad Total	139 mg/l
Temperatura	5-15° C

Al agua que ingresa se le debe eliminar todo tipo de material sobrenadante y arrastrado para adecuarla a las necesidades de plantas de tratamiento de agua, de agua de reposición en los sistemas de enfriamiento, agua potable, agua para riego, agua de reserva para sistemas de incendio y mitigación.

El tratamiento primario consiste en etapas de floculación, sedimentación y filtración y posteriores tratamientos la acondicionan según el destino: potable, desmineralizada, enfriamiento, etc.

II. Composición de los Efluentes Líquidos de la Refinería

La Refinería tiene dos corrientes de efluentes líquidos, que difieren en su punto de vuelco al Río Mendoza y que tienen distintos orígenes, composición y tratamiento (ver esquema).



A- Vuelco aguas arriba del Dique Cipoletti : este efluente está compuesto por el excedente de agua tomada del río, el rechazo de las Plantas desmineralizadoras y las purgas y lavados de los equipos de la Planta de Clarificación y Filtrado. Esta corriente no tiene ningún tratamiento ya que está exenta de todo tipo de componentes derivados del crudo o impurezas.

B- Vuelco aguas abajo del Dique Cipoletti : formado por efluentes líquidos provenientes de las unidades de procesos y de las purgas de tanques de almacenamiento de crudos y productos terminados del Complejo Industrial. La composición de estos efluentes que, contienen componentes derivados del proceso de refinación y purgas de tanques, reciben un tratamiento especial a fin de adecuarlo a la reglamentación y antes de su vuelco al río. Las corrientes que integran los efluentes industriales son :

- Desagües pluviales
- Agua de lavado de plantas
- Purga de tanques de crudo , productos intermedios y productos terminados.
- Purgas de las operaciones : desaladores, pérdidas de bombas y sacamuestras
- Aguas de proceso : lavado de gases , condensado de despojamiento con vapor de HC livianos.
- Purgas: de Reactores biológicos, de agua de enfriamiento, de Calderas.

Los principales componentes de los aportes son :

- Hidrocarburos
- Finos de carbón de coque / sólidos
- Sulfuros
- Fenoles
- Nitrógeno amoniacal
- DBO
- DQO

El D.G.I. realiza controles de los efluentes líquidos aportados a cauces de agua y es el responsable de hacer cumplir la legislación vigente: Resolución 778/96 y Convenios de aplicación.

A continuación se resumen los valores máximos de los parámetros más importantes del efluente volcado aguas abajo del Dique Cipoletti.

Especificación	pH	Fenoles mg/l	Conduct .micS/l	DBO mg/l	DQO mg/l	N2 Amon. mg/l	HC mg/l	Sulfuro mg/l
Requerimientos Depart. General de Irrigación – Convenio	5.5 - 9.0	< 0.1	< 2000	< 120	< 250	< 8	< 5	< 1
Vuelco al río Mendoza Promedio Año 2002	7.8	< 0.05	1200	43	67	4.9	1.37	<0.1

III. Tratamiento Actual

La corriente de efluentes líquidos que se devuelve al río aguas abajo del dique Cipoletti, ya en especificación, recibe los siguientes tratamientos :

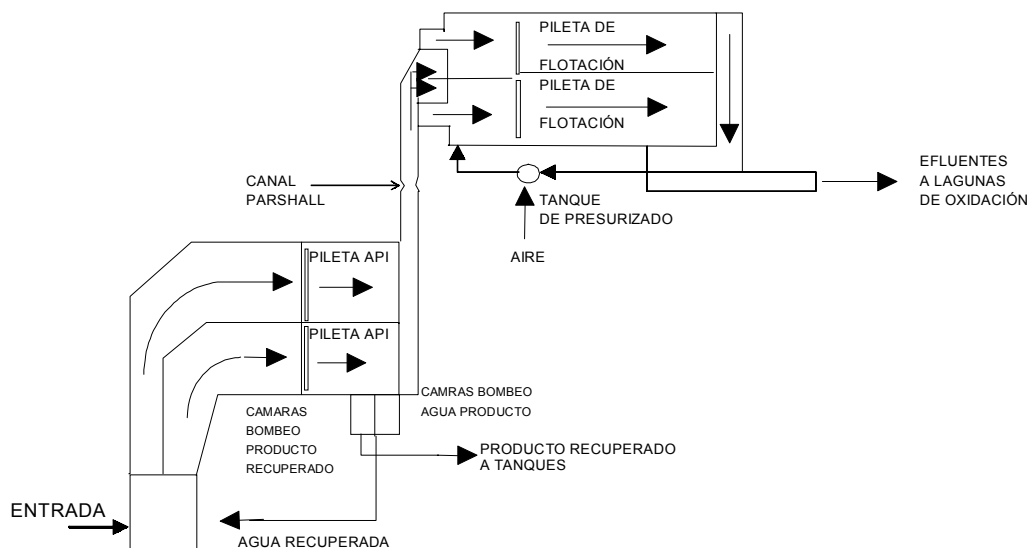
- A) despojamiento con vapor de las aguas de proceso en Plantas de Tratamiento de Aguas Agrias.
- B) tratamiento primario de separación física de impurezas e hidrocarburos.
- C) un tratamiento secundario biológico de degradación de compuestos biodegradables.

A) Despojamiento con vapor de aguas de proceso : eliminación de la mayor parte de compuestos de azufre y nitrógeno, presentes en el petróleo crudo y eliminados a través de aguas de proceso producidas por lavado de gases y vapor utilizado en el fraccionamiento. El sulfuro y amoníaco componentes del agua agria , ya separados, son posteriormente procesados en otra unidad mediante conversión a azufre, nitrógeno y agua (Planta Claus) .

B) Tratamiento primario: Los distintos aportes de la corriente final de efluentes tienen hidrocarburos, propios de la preparación de tanques de crudo, de los procesos de elaboración como también sólidos en suspensión provenientes de los arrastres de finos de carbón de las plantas de Coque.

Estos hidrocarburos y sólidos en suspensión se separan por diferencias de densidad mediante dos etapas de piletas separadoras que trabajan en serie, la primera de ellas, compuesta por seis piletas, es antigua y de baja eficiencia y será reemplazada por tecnología de última generación y el segundo grupo está ubicado en una Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales (PTEI) , compuesta por dos Piletas API (American Petroleum Institute) y dos piletas DAF (Distribution Air Flotation), que completan el tratamiento físico de los efluentes (ver esquema adjunto).

PLANTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES

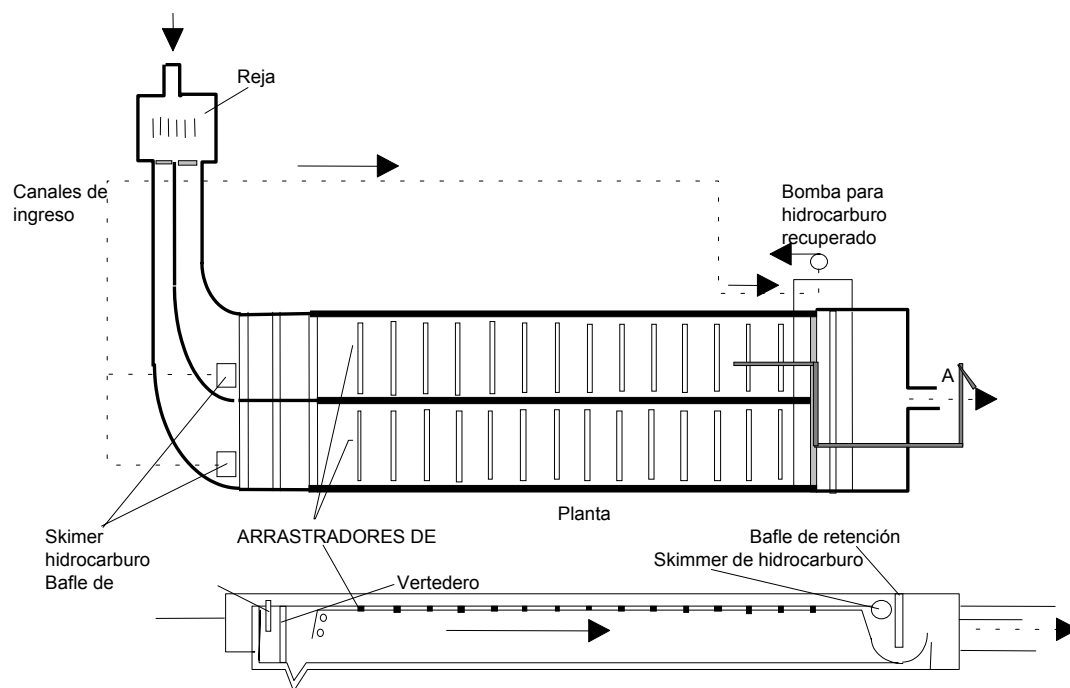


La PTEI es un conjunto de instalaciones diseñadas para separar hidrocarburos y sólidos del efluente líquido. Las denominadas Piletas API cuentan en el ingreso con una reja de desbaste para eliminar sólidos. Cada pileta tiene sistemas de arrastradores y skimmers o colectores superficiales para la recuperación de hidrocarburos sobrenadantes. Mientras que los sólidos precipitados son conducidos por arrastradores de fondo a tolvas de recuperación de barros.

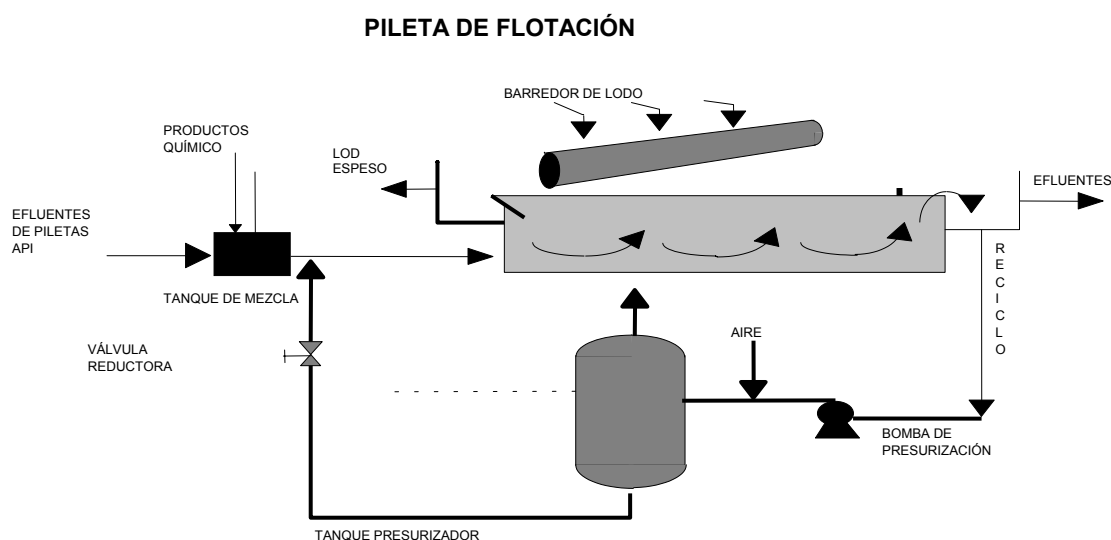
Los hidrocarburos líquidos recuperados son bombeados a tanques de producto intermedio para su posterior reproceso.

Los sólidos separados, mezclados con agua e hidrocarburos, se disponen en otras piletas para recuperar el hidrocarburo líquido mediante centrifugación. El sólido seco producido se dispone en hornos de cementeras utilizado como combustible alternativo en sus procesos.

PILETAS A.P.I.



Las dos Piletas DAF sirven para recuperar los restos de hidrocarburo que escapan del anterior tratamiento. Estas piletas aprovechan la diferencia de densidades entre el hidrocarburo y el agua, sumado a la acción de arrastre hacia la superficie del aire liberado por una corriente de recirculación. El nombre de flotación se debe al principio de funcionamiento que consiste en recircular una parte del efluente de la salida a través de un tanque presurizador en el que se disuelve aire en el agua. Esta disolución ingresa a través de un tabique perforado en la cabeza de la pileta y al ser liberado en forma de burbujas muy finas se dirige a la superficie arrastrando el hidrocarburo que se recupera por medio de arrastradores y colectores de superficie.



Caracterización del efluente de la PTEI

Componente	Contenido Normal	Contenido máximo
Hidrocarburos ppm	10 – 25	50
Compuestos Fenólicos ppm	1.0-2.5	7.5
Sulfuros ppm	< 0.5	5.0
Nitrógeno amoniacal	4.0-5.0	7.5

El caudal de diseño de esta planta es de 1500 m³/h, siendo el caudal actual del orden de 550 m³/h, producto de la optimización realizada en la generación de efluentes en los últimos años.

C) Tratamiento secundario o biológico :

Para eliminar los restos de materia orgánica del efluente (hidrocarburo y compuestos fenólicos) se realiza un tratamiento biológico en Lagunas de Oxidación donde se produce su degradación obteniendo como producto final CO₂ y agua.

El sistema de Tratamiento Biológico consta de dos Reactores Biológicos y seis Lagunas de Oxidación. Los Reactores son piletas de gran volumen (4000 m³) con dosificación de oxígeno y agitación para lograr oxigenación y mezclado de la carga con la masa bacteriana que produce la biodegradación.

Estos reactores reciben como carga un efluente proveniente de las Plantas de Tratamiento de Aguas Agrias compuesto por agua despojada de sulfuros, con bajo contenido en nitrógeno amoniacal pero rica en compuestos fenólicos. Este contenido de fenoles, del orden de 200 a 400 ppm, se aprovecha como alimento para lograr un importante crecimiento de bacterias que luego son el licor de siembra en las Lagunas para la biodegradación de los compuestos fenólicos presentes en el efluente de la PTEI.

Las bacterias para la biodegradación de fenoles utilizadas, han sido desarrolladas específicamente para la Refinería por el Lic. Vicente A. Denita, Bioquímico de la Ciudad de Mendoza.

Las Lagunas de Oxidación reciben la salida de la Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales y además la corriente proveniente de los Reactores Biológicos. La primer corriente tiene bajos contenidos de hidrocarburo, fenoles, sulfuros y nitrógeno amoniacal, y la segunda bajo

contenido de compuestos fenólicos y abundante masa bacteriana apta para degradar la materia orgánica. Las Lagunas de oxidación son seis, tienen una gran extensión y profundidad y la mayoría están impermeabilizadas. De ellas 3 son aeróbicas y el resto anaeróbicas. En las 3 primeras se produce la degradación deseada, cumpliendo los límites de hidrocarburos, fenoles, sulfuros, DQO y DBO y las restantes conforman un sistema de aseguramiento de la calidad. La aireación necesaria se realiza mediante aereadores y dosificación de oxígeno líquido.

La biodegradación del nitrógeno amoniacal no es eficiente como el resto de los componentes biodegradables, motivo por el cual se controlan especialmente en las plantas cualquier posible contingencia en aguas que contengan este producto.

Con el objeto de mantener el efluente dentro de la especificación requerida se tiene implementado un riguroso control mediante muestreos periódicos durante todo el día a través de :

- a) laboratorio que testea los parámetros exigidos
- b) control operativo del personal de planta que realiza controles con kits de determinaciones rápidas por colorimetría con el propósito de anticipar y prevenir contingencias.

Si bien el sistema descripto de Piletas Separadoras y Lagunas de Oxidación es eficaz en el logro del tratamiento acorde a los efluentes generados y las exigencias establecidas en el Convenio con el DGI, se considera necesaria una actualización del mismo en la cual , y atentos a cambios futuros, se eliminan puntos débiles logrando mayor eficiencia, menor superficie dedicada y menores costos :

- el primer sistema de piletas separadoras, de mucha antigüedad, es obsoleto e insuficiente para la recuperación de hidrocarburos.
- elevado costo de operación y mantenimiento de las piletas.
- gran superficie de Lagunas de Oxidación afectadas al tratamiento.
- baja degradación de productos nitrogenados.
- bajo nivel de automatización y flexibilidad del sistema.
- mayores exigencias establecidas en la Legislación para el futuro.

IV. Nuevo Sistema de Tratamiento de Efluentes Industriales

Con el objetivo de actualización tecnológica se ejecutó la Ingeniería Conceptual para la adecuación y optimización del tratamiento. En esta etapa se priorizaron los siguientes objetivos:

- Superar las exigencias de calidad de efluentes con vista a la operación a largo plazo.
- Separar los finos de carbón de coque de ambas plantas de Craqueo Térmico en el lugar de origen.
- Reemplazar las seis Piletas Recuperadoras de hidrocarburo por nuevos equipos compactos, cerrados y de mayor eficiencia para separación de producto y barros, recuperando superficie para nuevas unidades .
- Actualización tecnológica del actual sistema biológico y reemplazo de la superficie de lagunas por otro de menores dimensiones, automatizado y de mayor versatilidad.
- Concentrar en un solo reactor biológico todos los efluentes líquidos del Complejo.
- Incorporar un sistema propio de secado de barros biológicos y oleosos.

En base a lo expresado se definió el nuevo Sistema de Tratamiento de Efluentes de la Refinería que incluye :

- Nuevas Piletas Separadoras de partículas de carbón de coque en origen.
- Sistema de segregación de exceso de pluviales y su almacenaje.
- Reemplazo de las seis Piletas Separadoras primarias por unidades compactas.
- Construcción de una Planta de Lodos Activados en reemplazo de los actuales Reactores Biológicos y las Lagunas de Oxidación.
- Inclusión de una etapa de secado mecánico de Lodos Biológicos.
- Inclusión de una etapa de secado mecánico de Lodos Oleosos.

Descripción de Equipos e Instalaciones

1. Piletas Separadoras de Finos de Carbón .

Se incorpora un sistema de separación y recuperación de finos de carbón generado en la operación de corte hidráulico del carbón producido en las unidades de Craqueo Térmico. La instalación consta de tres piletas de decantación de disposición longitudinal y adosadas lateralmente, con rampa para limpieza en uno de los extremos. Las mismas serán operadas en paralelo.

El efluente producido de esta operación, decantado y clarificado, se recicla como agua de corte de carbón y en caso de necesidad puede derivarse por gravedad al tratamiento de efluentes.

En la operación normal estarán en servicio una o dos piletas, estando la tercera en proceso de limpieza o reserva. Los sólidos en suspensión decantan y se acumulan en el fondo de las piletas activas. Las sucesivas descargas van llenando las piletas con sólidos hasta que sea necesario vaciarlas y extraer el carbón acumulado mediante máquina.

Diseño

Volumen de agua por operación	200 m3
Superficie	120 m2
Volumen unitario	186 m3
Nº de piletas	3
Volumen total	558 m3

2. Sistema de segregación de exceso de pluviales y almacenaje .

El efluente proveniente de las plantas de proceso de la Refinería llega a la PTEI por dos líneas principales y entre sus componentes están las aguas pluviales. Por las características de la zona, las lluvias importantes ocurren principalmente en verano con una elevada precipitación que cae en períodos relativamente cortos. Por lo tanto para controlar los posibles excesos de caudal que se pueden producir por este efecto y evitar superar la capacidad de diseño de los equipos de la PTEI y de la Planta de Lodos Activados, se instalarán tres canaletas Parshall con vertedero lateral regulable para evacuar el exceso temporal de caudal :

- Canaleta Parshall en ingreso a las Unidades Separadoras Compactas : derivando el excedente a la salida de dichas unidades.
- Canaleta Parshall entre las Piletas API y DAF: el exceso se deriva a una nueva pileta pulmón.
- Canaleta Parshall en cámara colectora de las plantas de la Obra Aumento de Conversión : permite derivar el exceso de caudal a una pileta existente colectora de agua de lluvias, actualmente utilizada como Reactor Biológico, recuperando así una pileta de almacenamiento de agua de lluvia con una capacidad de 9000 m³.

Además se construirá una nueva pileta pulmón (capacidad 9000 m³) que asegura la captación de cualquier excedente de agua a la salida de las Piletas API, con un sistema de recuperación de hidrocarburos. Posteriormente según las posibilidades de tratamiento y el caudal de ingreso a la Planta de Lodos Activados se recicla el hidrocarburo y el agua acumulada.

3. Unidades Compactas Separadoras de Placas Coalescentes.

En el circuito actual de efluentes, para lograr la separación primaria de agua , hidrocarburo y sólidos se cuenta con Piletas Separadoras de hidrocarburos y barros de grandes dimensiones que, por su antigüedad y baja eficiencia, serán reemplazadas por separadores compactos de láminas de alta eficiencia. De este modo, además de la renovación tecnológica se liberará superficie que se destinará a nuevas unidades.

La instalación consistirá de dos equipos separadores compactos, construidos en hormigón que permitirán separar el efluente en tres fases, agua, hidrocarburo y barros. El agua seguirá el curso a la PTEI, el hidrocarburo recuperado se enviará a tanques para reproceso y los barros a la nueva instalación de secado de barros oleosos.

Los separadores de placas coalescentes refuerzan la separación por gravedad utilizando la diferencia de densidad entre los componentes inmiscibles de las mezclas de líquidos a separar. La disposición y espaciado de las placas, su diseño sinusoidal para favorecer el contacto y el material de que están construidas aumentan la eficiencia de la separación por gravedad. Dicha separación comienza con el ingreso de la mezcla de agua e hidrocarburos a una cámara de entrada para reposo y distribución continuando luego a la cámara de placas donde se profundiza la separación ya que las gotas de hidrocarburos de diámetro superior a las 20 micras coalescen y se depositan por gravedad en la superficie oleofílica de las mismas desde donde ascienden a la superficie. Así el producto separado es retirado por colectores superficiales y enviado a la cámara de hidrocarburos para su recuperación.

La operación de los equipos será en paralelo con la evacuación de los hidrocarburos y los barros en forma automática por medio de bombas .

Diseño :

Caudal operativo y máximo	260 m ³ /h / 360 m ³ /h
Hidrocarburos : entrada / salida	3 – 5% / 100 - 300 ppm
Nº de CPI	2
Caudal nominal unitario	600 m ³ /h
Slops separados en régimen nominal	26 a 78 Kg/ h
Sólidos separados	12 a 60 Kg/ h

4. Planta de Lodos Activados

La instalación tratará las aguas de salida de la actual PTEI mediante un proceso biológico por lodos activados. En estos procesos participan una gran variedad de microorganismos que convierten a los componentes controlados en productos ambientalmente aceptables. La metabolización de estos componentes requiere una combinación versátil y flexible de una compleja mezcla de bacterias.

En general estos tratamientos biológicos pueden ser aeróbicos o anaeróbicos. La diferencia consiste en que en el proceso aeróbico el oxígeno necesario para metabolizar los compuestos indeseables se obtiene a partir del oxígeno disuelto en el efluente y en los procesos anaeróbicos se obtiene de las moléculas de los mismos compuestos. Los reactores biológicos de la planta a instalar contemplan la existencia de zonas aeróbicas y anaeróbicas.

En los procesos aeróbicos los microorganismos inician la degradación por medio de enzimas extracelulares y convierten a los componentes orgánicos, fáciles de degradar, como carbohidratos, grasas, aceites y proteínas, en dióxido de carbono y agua.

El amoníaco presente en los efluentes proveniente de la descomposición de proteínas y otros compuestos orgánicos ricos en nitrógeno, se oxidan secuencialmente por dos géneros de bacterias (Nitrosomonas y Nitrobacter) a nitritos y nitratos en presencia de oxígeno, esta reacción general es conocida como nitrificación. Las bacterias responsables de este proceso crecen mucho más despacio y son bastante más susceptibles a las condiciones ambientales que los microorganismos involucrados en la degradación de la materia carbonácea.

En ausencia de oxígeno, una gran proporción de bacterias pueden utilizar el oxígeno de los nitratos y reducirlos a nitrógeno gas (Pseudomonas, Microccus, etc). Estas reacciones conocidas como denitrificación requieren para su ejecución, una fuente de materia carbonácea fácilmente biodegradable.

Estos sistemas biológicos requieren el cumplimiento de ciertos requisitos básicos para cumplir los objetivos del tratamiento tales como:

- Cantidad suficiente de microorganismos para asegurar la eficiencia del Reactor.
- Edad del lodo biológico adecuada a los procesos deseados.
- Temperatura controlada del efluente.
- Caudal constante.
- Dosificación de nutrientes y fuentes de materia carbonácea acorde a las necesidades.
- Ausencia de microorganismos indeseables y especies filamentosas.

Para el crecimiento y metabolismo de los microorganismos responsables de estos procesos de degradación de compuestos carbonáceos y amoníaco es necesaria la presencia de fosfatos como nutriente.

Al finalizar el tratamiento biológico se encuentran los decantadores secundarios para separar la masa biológica excedente con el objeto de obtener un efluente claro y de aspecto adecuado. Por ello los microorganismos se deben flocular, separar, estabilizar y secar para luego disponer según las normas vigentes.

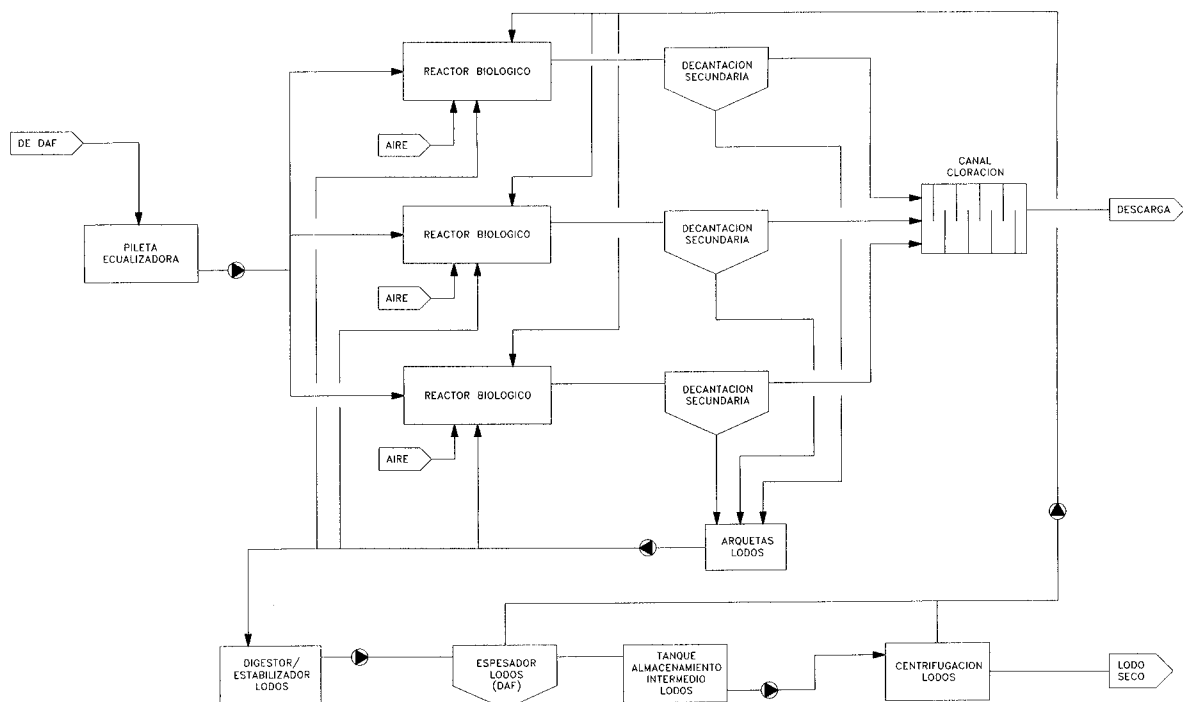
De acuerdo con el balance de masas, el caudal de la nueva planta operará en el rango de 460 y 660 m³/h en tiempo seco y con recuperación de pluviales respectivamente. Dado que el caudal tratado por la PTEI no es rigurosamente constante, se dispondrá de un depósito ecualizador, que

permita mantener uniforme el caudal enviado a la nueva planta y homogeneizar la calidad del agua a tratar.

La instalación constará de los elementos siguientes:

- Pileta ecualizadora de caudal para bombeo a caudal constante.
- Reactor biológico que incluye zonas de aeróbicas y anaeróbicas con recirculación de licor mixto.
- Dosificación de alcalinizante (NaOH)
- Dosificación de nutrientes fosforado y nitrogenado.
- Dosificación de carga carbonosa
- Decantador secundario
- Sistema de recirculación de lodos y evacuación del exceso de biomasa formada
- Estabilización / digestión de lodos .
- Secado de lodos excedentes

Para mantener una operatividad óptima, la instalación se divide en tres líneas, capaces de funcionar en paralelo o independientemente. Cada línea es de 220 m³/h nominales (y máximo de 330 m³/h). Se incluyen dispositivos de interconexión entre las diferentes etapas del tratamiento de forma que la retirada de servicio de una unidad de tratamiento no interfiera en las demás.



a. Pileta Ecualizadora

El agua tratada por la PTEI se recibe en una pileta ecualizadora para homogeneización parcial de carga y laminación de puntas de caudal. Dicha pileta cuenta con dos agitadores sumergidos para homogeneizar su contenido y un grupo de bombas centrífugas para alimentar los reactores biológicos de la planta. Para asegurar la flexibilidad total entre las bombas y las líneas en servicio se dispondrá de regulación de caudal mediante variadores de frecuencia en los motores de accionamiento.

Este bombeo está controlado en función del caudal nominal, nivel en la pileta, y concentración de nitrógeno amoniacal.

La descarga de las bombas irán a una cámara partidora que reparte equitativamente el caudal a los reactores biológicos que estén en servicio. Esta cámara recibe además los lodos recirculados, el álcali para ajuste del pH, la carga carbonosa y los nutrientes fosfatados y nitrogenados .

La pileta ecualizadora dispone de una línea de rebalse descargando el excedente a la pileta pulmón. Este rebalse se activará en caso de falla de las bombas de carga o de llegada de agua en cantidad superior a la que puede procesar la planta de lodos activados.

b. Intercambiador de Calor

La temperatura del medio es una variable importante de control y debe mantenerse por debajo de los 40°C, por lo tanto si el agua bombeada supera dicha temperatura se hace pasar por un cambiador de calor tubular que emplea agua como fluido refrigerante .

c. Reactor Biológico

El agua procedente de la cámara distribuidora llega a un reactor biológico, conformado por tres líneas en paralelo, cada una diseñada y dimensionada para:

- depurar el caudal nominal (220 m³/h), con carga nominal o máxima
- aceptar hidráulicamente un caudal de hasta 330 m³/h (pluviales)
- permitir el mantenimiento de un reactor por vez con la planta en servicio.

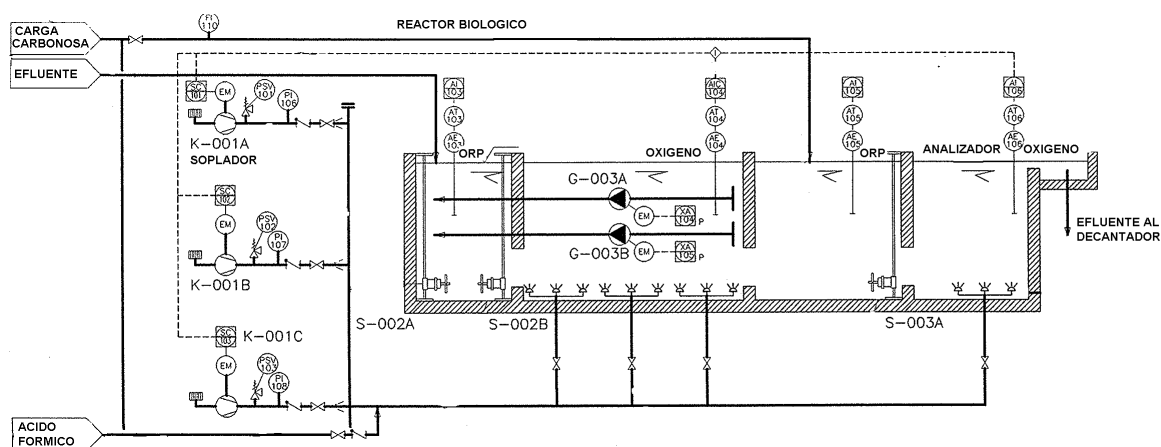
El reactor está dividido en 4 zonas:

- Una primera zona anaeróbica donde se recibe el efluente y una recirculación de licor mixto aireado donde no se aporta aire y hay una elevada actividad biológica. El oxígeno necesario se toma del aportado por el licor mixto recirculado y, como éste es insuficiente, se toma de los nitratos presentes que quedan reducidos a nitrógeno elemental.

La agitación se asegura mediante dos agitadores sumergidos.

- Una segunda zona aeróbica donde se aporta la mayor parte del oxígeno necesario para la depuración produce la oxidación del NH₃ presente a nitratos (NO₃⁻), de los S⁼ a sulfatos (SO₄⁼) y de la materia orgánica (hidrocarburo y compuestos fenólicos) a CO₂. Al final de esta zona se toma el licor mixto para recirculación a la entrada mediante dos bombas sumergidas .
- Una tercera zona anaeróbica para reforzar la eliminación de nitratos.

- Finalmente una última zona aeróbica para eliminar el NH_3 restante y evitar la posible llegada de licor mixto anóxico al decantador secundario donde podría entrar en anaerobiosis.



d. Dosificación de alcalinizante

Hay un consumo de alcalinidad en el proceso de nitrificación por lo que se ha dispuesto un sistema de dosificación de hidróxido sódico al 50 %. El punto de inyección será la cámara distribuidora del efluente.

e. Dosificación de nutriente

Se prevé la dosificación de ácido fosfórico (H_3PO_4) líquido al 75% como nutriente que aporte fósforo. El punto de inyección será la cámara distribuidora del efluente.

f. Dosificación de carga carbonosa

Cuando el efluente tenga contenidos altos en nitrógeno amoniacal y su carga orgánica sea insuficiente para asegurar su correcta metabolización se debe dosificar un compuesto que aporte carbono orgánico. Esta dosificación puede no ser continua siendo necesaria únicamente en caso de alto NH_3 en el efluente. Los puntos de inyección podrán ser la cámara distribuidora o la segunda zona de anoxia de los reactores biológicos

g. Dosificación de carga nitrogenada

Para absorber las variaciones de carga nitrogenada está prevista la dosificación de un nutriente con nitrógeno a fin de mantener constantes las condiciones operativas que acepten la llegada brusca de amoníaco.

h.Dosificación de ácido fórmico

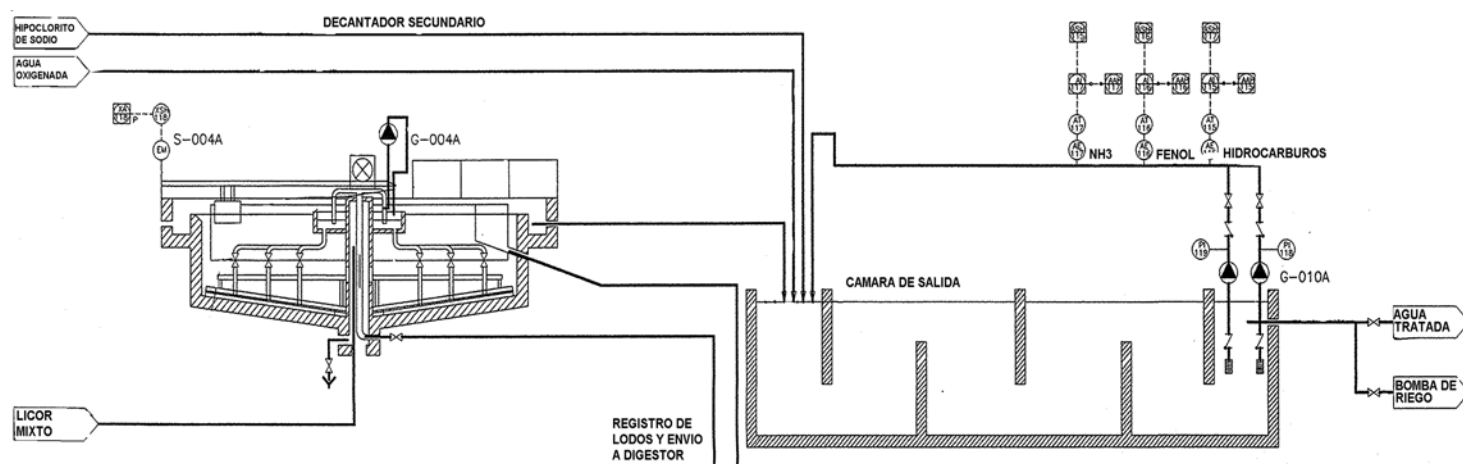
Se prevé la dosificación de ácido fórmico como agente de limpieza en las líneas de aire y en particular de los difusores. El punto de inyección será en las líneas de impulsión de los soplantes.

i. Decantador secundario

La descarga de los reactores biológicos se lleva a una cámara de reparto desde donde se distribuye entre los decantadores secundarios que estén en servicio para la separación de los barros biológicos y la obtención de un efluente clarificado. Por su diseño estos decantadores son de grandes diámetros y pequeños tiempos de residencia. Los decantadores poseen barredores de fondo que llevan el lodo sedimentado a la zona central para luego ser descargados en la pileta de lodos biológicos.

Diseño: Se disponen tres decantadores secundarios, operando en paralelo, con capacidad para funcionar a caudal máximo con dos equipos en servicio.

Diámetro.....	28 m
Altura lámina (media)	2,5 m
Caudal mínimo	153 m3/h (sin pluviales, 3 decantadores)
Caudal máximo	330 m3/h (con pluviales, 2 decantadores)



j. Cloración final

Se dosifica un agente oxidante y esterilizante en el agua de salida de los decantadores secundarios (hipoclorito sódico) antes de su vertido al medio natural, controlando mantener Cl_2 libre en el vertido .

k. Dosificación de peróxido de hidrógeno

Estará previsto, en caso de necesidad, dosificar un agente oxidante (peróxido de hidrógeno) en el agua tratada para asegurar la ausencia de materia orgánica .

l. Toma de muestras

En el canal de cloración se dispone de bombas para toma de muestras del efluente tratado enviando muestra a una serie de analizadores continuos de hidrocarburos, fenol, NH₃ y conductividad.

m. Recirculación y evacuación de fangos biológicos

Los fangos biológicos separados en los tres decantadores se descargan en un depósito desde donde aspiran varias bombas para recirculación y evacuación del exceso. La descarga de las bombas de recirculación se produce en la cámara distribuidora antes de los reactores biológicos y las de exceso descargan a un digestor.

El caudal de recirculación de lodos se mide y regula ya que es uno de los parámetros de operación de la planta. El caudal de evacuación de lodos permite regular la biomasa del sistema y por lo tanto el funcionamiento de las bombas de exceso es otro de los elementos de regulación.

n. Digestión aerobia de barros biológicos

Los lodos biológicos en exceso, producidos en las tres líneas, son enviados a un solo digestor para reducir su volumen y asegurar su estabilización evitando olores. Por la cantidad de lodos excedentes que se producen se ha elegido un sistema aerobio, que consiste en una pileta aireada mediante soplantes y difusores. El funcionamiento del digestor está controlado por un analizador de O₂ disuelto que regula el aporte de aire de los sopladores de tipo volumétrico y de velocidad variable .

5. Espesamiento y secado mecánico de barros digeridos

Los lodos biológicos digeridos son bombeados a un sistema de espesamiento y secado mecánico por centrifugación. Aprovechando la baja densidad de la biomasa generada el espesamiento de los lodos se logra por flotación mediante un espesador DAF donde la mezcla del lodo a espesar con un flujo de agua recirculante y sobresaturado de aire provoca la aparición de microburbujas de aire que se adhieren a los flóculos de biomasa provocando su flotabilidad; la materia sólida presente en el lodo sube a la superficie del espesador desde donde un conjunto de brazos rascadores la descargan por una tolva.

El lodo espesado es enviado a los decantadores centrífugos de dos fases que separan ambas fases; la fase sólida se descarga como sobre un tornillo transportador hasta un contenedor para su evacuación y la fase líquida se envía a la pileta ecualizadora.

Diseño

Superficie necesaria	10 m ²
Diámetro equipo adoptado	4,0 m
Caudal bomba lodo digerido	10 m ³ /h
Capacidad de la centrífuga	3 m ³ / h

6. Secado de lodos oleosos

Los lodos oleosos producidos en las diferentes unidades de tratamiento de efluentes deben ser evacuados previa reducción del volumen y la recuperación del hidrocarburo por medio de sistemas de secado mecánico. Para ello se instalará un sistema fijo de secado para todos los lodos aceitosos generados en la Refinería, Piletas API y DAF de la PTEI y en las unidades separadoras compactas.

La instalación consta de los siguientes elementos:

- Depósito de recepción de lodos aceitosos para almacenamiento
- Bombeo a caudal constante
- Dosificación de floculante
- Calentamiento con vapor para ajustar la temperatura de la centrífuga
- Centrifugación sobre centrífuga de tres fases (sólidos, agua, hidrocarburos)
- Recuperación de agua sobre pileta API
- Recuperación de hidrocarburos para reproceso

Esta instalación no opera en forma continua, normalmente se espera disponer de lodos acumulados para operar la instalación en forma de batch. Los equipos instalados son de operación automática requiriendo de poca atención de personal.

El lodo seco se descarga sobre contenedores y la fase hidrocarburo se recibe en una cámara para su bombeo al depósito de producto recuperado de la PTEI. La fase acuosa se envía por gravedad a la entrada de las piletas API.

Diseño

Caudal bomba lodo espesado	2 a 5 m ³ /h
Concentración lodo espesado	20 a 40 Kg /m ³
Aporte sólidos a secado	80 a 100 Kg/h
Capacidad hidráulica centrífuga	5 m ³ /h
Sequedad lodo	20 %

V. CONCLUSIONES

El Complejo Industrial Luján de Cuyo de REPSOL YPF está abocado a la remodelación integral de su sistema de tratamiento de efluentes industriales con el objeto de reafirmar su compromiso con la preservación del medio ambiente y garantizar el cumplimiento de las exigencias requeridas por el ente de regulación y control de vuelcos de efluentes a los cauces públicos.

Los beneficios más importantes se pueden resumir en :

- Retención de sólidos en las plantas de origen.
- Reemplazo de piletas a cielo abierto por unidades separadoras compactas cerradas.
- Eliminación de dos reactores biológicos.
- Unificación del tratamiento de efluentes.
- Provisión de piletas para aguas pluviales.
- Planta automatizada de tecnología de última generación.
- Menor superficie ocupada, con reducción de evaporación e infiltración.
- Reuso parcial del efluente obtenido para riego del predio de Refinería.
- Reaseguro del cumplimiento de las especificaciones del efluente final.

Es así que el nuevo sistema de tratamiento incorpora una moderna planta de mayor eficiencia, menor superficie y, contemplando futuras ampliaciones, de mayor capacidad que garantizará el tratamiento de los efluentes actuales y futuros.

Bibliografía :

- Wastewater and sludge treatment processes – WRC plc 1.995
- Reed beds & constructed wetlands for wastewater treatment – WRC plc – 1.996
- DEISA desarrollos ecológicos e industriales S.A. – Barcelona – España