



Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Química
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado



MAESTRÍA EN INGENIERÍA QUÍMICA

**“Estandarización de la operación de una planta de
recuperación de agua de proceso de lavado por
inmersión de las carrocerías de automóviles mediante
ultrafiltración y osmosis inversa”**

PRESENTA:

IQ. EDUARDO GARCÍA VALLEJO

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA QUÍMICA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. LILIA ALEJANDRA CONDE HERNÁNDEZ

H. Puebla de Z. A 02 de Diciembre del 2015

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
JUSTIFICACIÓN	3
1. MARCO TEÓRICO	5
1.1 Agua en la Industria	5
1.1.1 Marco Normativo en México	5
1.1.2 Aguas residuales	6
1.1.2.1 Aguas residuales domesticas	6
1.1.2.2 Aguas residuales municipales	6
1.1.2.3 Aguas residuales industriales	6
1.1.3 Características de las aguas residuales	7
1.1.3.1 Características físicas	7
1.1.3.2 Características químicas	7
1.1.3.3 Características biológicas	7
1.1.4 Tratamientos del agua residual	7
1.1.4.1 Tratamiento primario	8
1.1.4.2 Tratamiento secundario	8
1.1.4.3 Tratamiento terciario	8
1.2 Filtración por membrana	8
1.2.1 Introducción a la filtración por membrana	8
1.2.2 Antecedentes	9
1.2.3 Fundamentos de la tecnología	10
1.2.4 Procesos con membranas	11
1.2.4.1 Microfiltración y ultrafiltración	11
1.2.4.2. Nanofiltración y osmosis inversa	13
1.2.5 Equipos y procedimientos	15
1.2.6 Estrategias de pretratamiento	17
1.2.7 Limpieza de sistemas de filtración por membrana	18
1.2.8 Métodos de limpieza	19

1.2.9 Productos de limpieza	21
1.2.10 Autopsia	22
1.3 Tratamiento metálico en la industria automotriz	22
1.3.1 Introducción	22
1.3.2 Procesos de recubrimiento automotriz	22
1.3.3 Descripción del proceso	23
1.3.4 Recuperación de agua de proceso	28
2. METODOLOGIA	29
2.1 Metodología para la estandarización de la planta de recuperación	29
3. INGENIERÍA DEL PROCESO	32
3.1 Descripción y operación del proceso	32
3.2 Balance de materia	39
4. ESTANDARIZACIÓN DE LA PLANTA DE RECUPERACIÓN	42
4.1 Secuencia de puesta en marcha en modo automático	46
4.2 Retrolavado en modo automático de ultrafiltración	47
4.3 Poner en servicio en modo manual	49
4.4 Poner fuera de servicio la planta en modo manual	50
4.5 Retrolavado en modo manual de módulos de ultrafiltración	51
4.6 Suministro de productos químicos	52
4.7 Mantenimiento al equipo de Osmosis Inversa	53
4.8 Limpieza alcalina	55
4.9 Limpieza acida fuerte	55
4.10 Limpieza acida débil	56
4.11 Limpieza al equipo de Ultrafiltración	57
4.11.1 Tipo de limpieza	57
4.12 Limpieza alcalina	58
4.13 Limpieza acida fuerte	59
4.14 Limpieza de fosfatos	61
5. ANÁLISIS Y RESULTADOS	64

5.1 Bombas de alimentación	64
5.2 Filtros automáticos de disco	64
5.3 Ultrafiltración	65
5.4 Osmosis inversa	68
5.5 Características del agua residual	71
5.6 Resultados	72
CONCLUSIONES	79
RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
ANEXOS	84

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Características del proceso de membrana.	9
Figura 1.2 Principio de actuación de los procesos de separación con membrana.	11
Figura 1.3 a) Filtración total; b) Filtración tangencial.	12
Figura 1.4 Componentes de los módulos de membrana con enrollamiento en espiral.	16
Figura 2.1 Metodología empleada para la estandarización de la planta.	29
Figura 3.1 Proceso de adición de metales, lavado y enjuague de carrocerías.	32
Figura 4.1 Pantalla de operación de la alimentación.	42
Figura 4.2 Pantalla de operación de ultrafiltración.	44
Figura 4.3 Pantalla de osmosis inversa.	45
Figura 5.1 Distribución de las membranas de ultrafiltración en la planta de recuperación.	67
Figura 5.2 Distribución de las membranas de osmosis inversa en la planta de recuperación.	70
Figura 5.3 Comportamiento de la conductividad en el tratamiento.	72
Figura 5.4 Comportamiento del pH en el tratamiento.	73
Figura 5.5 Comportamiento de la turbidez en el tratamiento.	74
Figura 5.6 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de ultrafiltración.	75
Figura 5.7 Comportamiento de la permeabilidad del banco 1 de osmosis inversa.	75
Figura 5.8 Comportamiento de la permeabilidad del banco 2 de osmosis inversa.	76

Figura 5.9 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de ultrafiltración. 77

Figura 5.10 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de ósmosis inversa. 78

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Material y características de membranas de ultrafiltración y microfiltración.	12
Tabla 1.2 Valores típicos de flujo y presión de operación para membranas de NF y OI.	14
Tabla 2.1 Parámetros de control de operación de la planta de recuperación de agua.	31
Tabla 3.1 Descripción de posición de válvulas de la etapa de ultrafiltración para cada uno de los estados de operación.	39
Tabla 4.1. Suministro de productos químicos.	53
Tabla 5.1 Análisis cuantitativo del agua de alimentación al sistema de recuperación.	71

INDICE DE DIBUJOS

N30-023-DTI-03	35
12-158-U01	36
12-158-U02	37
12-158-U03	38
12-158-UFOI	41

INDICE DE ABREVIATURAS

NOM	Norma oficial mexicana
SEMARNAT	Secretaria de medio ambiente y recursos naturales
MF	Microfiltración
UF	Ultrafiltración
NF	Nonofiltración
OI	Osmosis inversa
Q	Caudal
C	Concentración
θ	Convercion
μm	Micrometros
PP	polipropileno
PES	Poliestersulfona
PVP	Polivinilpirrolidona
PS	Polisulfona
PVDF	Fluoruro de viniledeno
CD	Derivados de la celulosa
PAN	Poliacrilonitrilo
ppm	Concentración expresada en partes por millón
psig	Unidades de presión manométrica lb/in^2
N	Concentración expresada en normalidad
EDTA	Ácido diaminoetanotetraacético
CIP	Limpieza en sitio
PLC	Central lógico programable
CEB	Limpieza con químico mejorada
DTI	Diagrama de tubería e instrumentación
HMI	Interfaz máquina-hombre
RO	Osmosis inversa
GPM	Galones por minuto
SDI	Índice de ensuciamiento de la membrana
$\mu\text{S/cm}$	Unidades de conductividad eléctrica
mg/L	Unidades de concentración
PTM	Presión transmembrana
NTU	Unidad nefalometrica de turbidez

RESUMEN

La estandarización de la operación de una planta de recuperación de agua de proceso por inmersión de las carrocerías de automóviles mediante ultrafiltración y osmosis inversa se encuentra instalada en el tratamiento de recubrimiento automotriz.

Este trabajo comprende aspectos básicos de tratamiento de aguas, tecnologías de separación por membrana centrando el interés en ultrafiltración y osmosis inversa, aspectos básicos del proceso de recubrimiento de carrocerías, descripción del proceso de la planta de recuperación de agua, diagramas de flujo, balance de materia, estandarización de la operación, descripción de las limpiezas químicas.

Se realizó una investigación de campo en la cual se monitorea el comportamiento de la planta de recuperación durante una semana, cada 4 horas se realizó el levantamiento de parámetros que nos proporcionan la calidad del agua y el comportamiento de la planta. Se evaluó y se describió las limpiezas químicas de los equipos de filtración por membrana.

La estandarización de la planta de recuperación facilita el entendimiento de proceso y su operación para el correcto funcionamiento, lo que implica la operación de válvulas, puesta en marcha de bombas, niveles de tanques, equipos de filtración y dosificación de insumos químicos.

INTRODUCCION

El crecimiento demográfico, la urbanización y el aumento en el consumo de agua en los hogares, la agricultura y la industria, han aumentado significativamente el uso global del agua.

Las diferentes actividades productivas al generar diversos desechos, son las fuentes principales de contaminación de ríos, canales y lagos; lo que se traduce en la desaparición de la vegetación natural, así como en la muerte de peces y demás animales acuáticos. Por otra parte, la descarga directa a cuerpos de agua de las aguas residuales generadas en estas actividades, limita el uso del recurso para los diferentes usos productivos como el riego, la pesca artesanal, el consumo de agua potable y agua para la recreación de contacto.

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales que pueden tener orígenes muy distintos: agua usada como medio de transporte, del lavado y enjuague de materias primas, de transformaciones químicas usando el agua como disolvente, como subproductos de procesos físicos de filtración, destilación, medio de transporte de calor, etc.

Las tecnologías de separación con membranas han adquirido gran importancia gracias al amplio rango de aplicaciones que presentan, entre las que destaca su utilización en el tratamiento de aguas. Los procesos con membranas combinan la alta selectividad y la elevada eficacia para convertir un efluente de depuración en un agua de alta calidad capaz de cumplir con los requisitos más exigentes de reutilización.

OBJETIVO GENERAL

Estandarizar la operación de un equipo de recuperación de agua de proceso de lavado por inmersión de las carrocerías de automóviles mediante ultrafiltración y osmosis inversa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Describir el proceso de recuperación de agua con ultrafiltración y osmosis inversa.

Determinar los parámetros óptimos del agua residual industrial para su tratamiento correcto: pH, conductividad y turbidez.

Determinar la cantidad de insumos de producto químico para el funcionamiento de la planta de recuperación (antincrustante, meta bisulfito de sodio, ácido clorhídrico, ácido cítrico, bicarbonato de sodio e hidróxido de sodio.)

Describir el procedimiento de mantenimiento (limpieza) de los equipos que forman parte de la planta de recuperación.

Realizar el DTI de la planta de recuperación y de la parte del proceso involucrado.

JUSTIFICACIÓN

El agua es tanto un derecho como una responsabilidad, y tiene valor económico, social y ambiental. Cada ciudadano, cada empresa, ha de tomar conciencia de que el agua dulce de calidad es un recurso natural, cada vez más escaso tanto a nivel superficial como subterráneo, necesario no sólo para el desarrollo económico, sino imprescindible como soporte de cualquier forma de vida en la naturaleza. No cabe duda de que la industria es motor de crecimiento económico y, por lo tanto, clave del progreso social. Sin embargo, demasiado a menudo la necesidad de maximizar el proceso productivo excluye la protección del Medio Ambiente.

El adecuado tratamiento de aguas residuales industriales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye a un consumo sostenible del agua y a la regeneración ambiental del dominio público hidráulico y marítimo y de sus ecosistemas. Sin olvidar que el agua de calidad es una materia prima crítica para la industria.

El sistema de recuperación de agua de proceso de lavado de carrocerías de autos, presenta muchas áreas de oportunidad en el aspecto de hacer modificaciones necesarias que aportaran un mejor desempeño del sistema de recuperación. Estas mejoras son necesarias tanto en la parte de instalaciones, como en el equipamiento necesario, modificaciones a la lógica de control, mejoras en la parte operativa, implementación de procedimientos y control del proceso.

Debido a las necesidades del proceso para el tratamiento eficaz del agua residual industrial que se genera se utiliza un acoplamiento de equipos de ultrafiltración y ósmosis inversa para obtener una filtración que depure la mayoría de metales pesados, sólidos disueltos y suspendidos, al tiempo que impiden el paso de las bacterias y virus, obteniéndose un agua pura, esterilizada y en condiciones de reutilizarse en el proceso.

1. MARCO TEÓRICO

1.1 Agua en la Industria

Los procesos industriales generan una gran variedad de aguas residuales que pueden tener orígenes muy distintos: agua usada como medio de transporte, lavado y enjuague, transformaciones químicas usando el agua como disolvente, subproductos de procesos físicos de filtración, destilación, medio de transporte de calor, etc. El sector automotriz no es la excepción. En sus aguas residuales se encuentran sustancias contaminantes tales como metales pesados, sólidos suspendidos, grasas y aceites, materia orgánica, entre otras [1]. En general, los metales pesados a bajas concentraciones pueden causar en el ser humano un problema de salud a largo plazo [2] porque son bioacumulables, tóxicos y cancerígenos [3].

Las aguas naturales rara vez se encuentran en condiciones de calidad para ser utilizadas directamente en los procesos industriales como: generación de vapor, como medio para generación de vapor, medio de refrigeración, o directamente en el proceso. Aunque el contenido de impurezas sea pequeño en relación al volumen de puede ser excesivo para poder emplear el agua directamente en la aplicación prevista [4].

1.1.1 Marco Normativo en México

Los beneficios de contar con agua de calidad son innumerables, por esta razón, en México se ha creado un marco normativo que se encarga de regular las descargas de aguas residuales a los cuerpos receptores a través de las siguientes normas:

Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas o bienes nacionales. Publicada el 6 de enero de 1997.

Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en la descarga de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Publicada el 3 de junio de 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios públicos. Publicada el 21 de septiembre de 1998.

Norma Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2001, que establece las especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final. Publicada el 15 de agosto de 2003 [5].

1.1.2 Aguas residuales

Son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas, vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado.

1.1.2.1 Aguas residuales domesticas

Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.

1.1.2.2 Aguas residuales municipales

Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

1.1.2.3 Aguas residuales industriales

Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras [6].

1.1.3 Características de las aguas residuales

Los contaminantes en las aguas residuales pueden ser clasificados como: físicos, químicos y biológicos; es importante la caracterización de las aguas residuales para establecer principalmente las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos de tratamiento que resultarán más eficaces y económicos.

1.1.3.1 Características físicas

Las principales características físicas de un agua residual son: contenido de sólidos, distribución de partículas por tamaño, turbiedad, color, olor, temperatura, densidad y conductividad.

1.1.3.2 Características químicas

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados en inorgánicos y orgánicos. Los inorgánicos incluyen: a) elementos individuales como: calcio, cloruro, hierro, cromo, y zinc, b) una amplia variedad de compuestos como nitratos y sulfatos. Los constituyentes orgánicos de mayor interés son las proteínas, carbohidratos, grasas y aceites.

1.1.3.3 Características biológicas

Las características biológicas son muy importantes en el control de enfermedades causadas por microorganismos patógenos y por la importancia que tienen las bacterias y otros microorganismos que interviene en la descomposición y estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual [7].

1.1.4 Tratamientos del agua residual

La selección de los procesos de tratamiento de aguas residuales o la serie de tratamientos depende de un cierto número de factores, en los que se incluyen: características del agua residual, calidad del efluente requerido y los costos.

1.1.4.1 Tratamiento primario

Los pretratamientos de las aguas residuales implican la reducción de sólidos en suspensión o el acondicionamiento de las aguas residuales para su descarga bien en los cuerpos receptores o para pasar a un tratamiento secundario a través de una neutralización u homogenización. Los tipos fundamentales de tratamientos primarios son: cribado, sedimentación, flotación y neutralización.

1.1.4.2 Tratamiento secundario

La expresión tratamiento secundario se refiere a todos los procesos de tratamientos biológicos de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios como son: proceso de lodos activos, aireación prolongada, contacto estabilización, aireación escalonada, lagunas aireadas, balsas de estabilización de aguas residuales, filtros percoladores, biodiscos (Rotating Biological Contactors), tratamiento anaerobio.

1.1.4.3 Tratamiento terciario

Es la serie de procesos destinados a conseguir una calidad del efluente superior a la del tratamiento secundario como son: eliminación de sólidos en suspensión, adsorción de carbón activo, intercambio iónico, filtración por membrana, electrodiálisis, procesos de oxidación química (cloración y ozonación), eliminación de fosforo [8].

1.2 Filtración por membrana

1.2.1 Introducción a la filtración por membrana

En los últimos años, la tecnología de filtración de membrana ha surgido como uno de los contribuidores principales a la resolución de problemas que se relacionan con el agua. Las regulaciones rigurosas en países industrializados y al aumento de la escasez de agua en varias áreas del mundo han promovido el empleo de membranas para la purificación de agua. Durante dos décadas de experiencia, empresas de agua, municipios, e industrias recuperan aproximadamente 60 millones de m³ mediante procesos de membrana como microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nano filtración (NF), y osmosis inversa (OI) [10].

Comparado con procesos de purificación de agua convencionales, como la clarificación y la filtración de arena, la tecnología de la membrana es una barrera absoluta y por lo tanto ofrece la ventaja de tener un criterio selectivo de eliminar contaminantes basados en su tamaño como ilustrado en la Figura 1.1

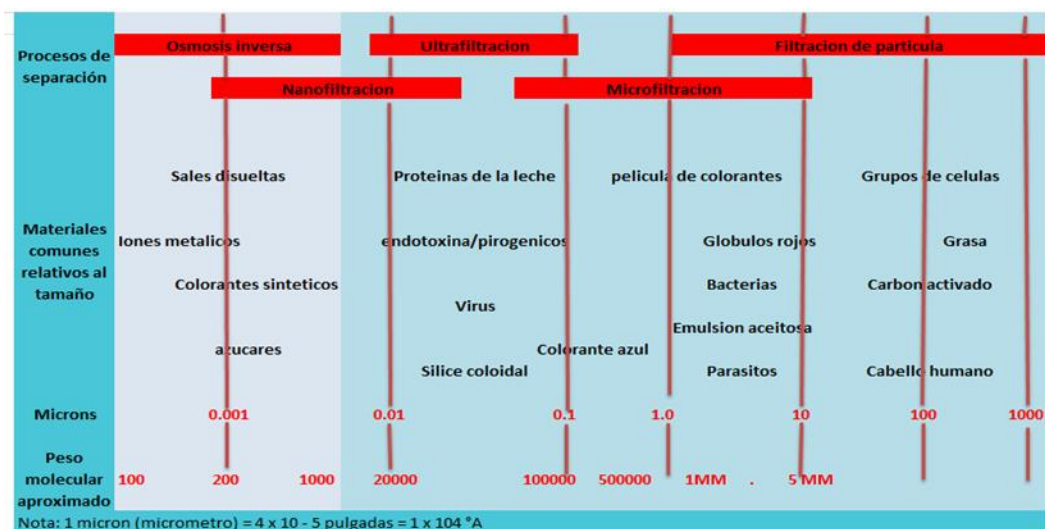


Figura 1.1 Características del proceso de membrana. Cortesía sistemas de membranas Koch, <http://www.kochmembrane.com>

1.2.2 Antecedentes

En el siglo XVIII Abbé Nolet, utilizó la palabra “ósmosis” para describir la permeación de agua a través de una membrana natural [11]. A lo largo del siglo XIX, las membranas fueron utilizadas como herramientas de laboratorio para desarrollar teorías físico-químicas, pero no existían aplicaciones industriales ni comerciales. En 1907, Bechhold diseñó una técnica para preparar membranas coloidales, punto de partida para la primera comercialización de membranas microporosas a partir de 1930. En los 20 años y posteriores se amplió el uso de otros materiales poliméricos, en particular las membranas de nitrato de celulosa, dando lugar a la tecnología de microfiltración, cuyo primer uso a gran escala se encontró en la filtración como técnica de ensayo de laboratorio para determinar la seguridad en el suministro de agua potable. El descubrimiento que permitió la transformación de una técnica de laboratorio en un proceso industrial se produjo en el comienzo de

la década de 1960, con el desarrollo del proceso Loeb-Sourirajan para la fabricación de membranas de ósmosis inversa formadas por una capa selectiva ultrafina depositada sobre un soporte micro-poroso mucho más grueso pero a su vez mucho más permeable. Con dichas membranas se consiguieron flujos hasta 10 veces superiores a los alcanzados hasta entonces con cualquier membrana. En la actualidad los desarrollos basados en nuevos materiales y mejora de las técnicas de fabricación han generado un grado de durabilidad que hace de la separación con membranas una tecnología plenamente implantada en procesos industriales, alimentarios y biomédicos [9].

1.2.3 Fundamentos de la tecnología

Centrándonos en los procesos de tratamiento de agua, el principio de actuación de los procesos con membranas es muy sencillo. La membrana actúa como una barrera de separación selectiva que divide la celda en dos partes, de forma que algunas sustancias son capaces de atravesarla mientras que otras quedan atrapadas en ella como se muestra en la figura 1.2

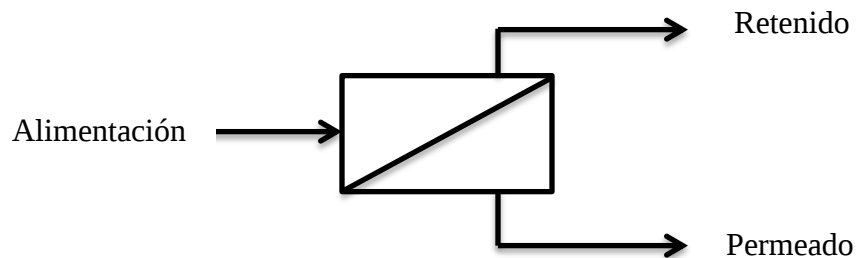


Figura 1.2 Principio de actuación de los procesos de separación con membrana.

A continuación se presentan una serie de definiciones básicas necesarias para caracterizar el funcionamiento de las operaciones de separación con membranas:

Flujo de alimentación

Es la cantidad de materia que atraviesa la unidad de área de membrana por unidad de tiempo. Las unidades en el SI son $\text{m}^3 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (LMH).

Conversión y rechazo

En las operaciones con membranas hay tres posibles corrientes: la alimentación, el retenido y el permeado. Cuando no se obtiene corriente de retenido, la operación se denomina filtración total, e implica la formación de una torta de sólidos sobre la superficie de la membrana, por lo que es necesario realizar frecuentes ciclos de limpieza. En el caso de obtener una corriente de retenido concentrada, la operación se denomina filtración tangencial tal como se indica en la figura 1.3

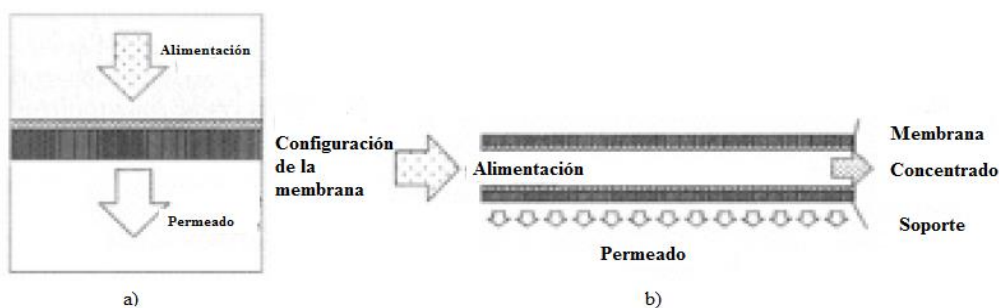


Figura 1.3 a) Filtración total; b) Filtración tangencial.

La conversión es la cantidad de alimentación que se recupera como permeado, y se expresa en %. Por lo tanto, para una concentración C y un caudal Q en la alimentación, retenido (R) y permeado (P), los balances de materia se expresan como: [9]

$$Q = Q_P + Q_R \quad (1)$$

$$QC = Q_P C_P + Q_R C_R \quad (2)$$

El porcentaje de recuperación o conversión

$$\theta = \frac{Q_P}{Q} \quad (3)$$

y el rechazo

$$R = 100\% \left(1 - \frac{C_P}{C} \right) \quad (4)$$

1.2.4 Procesos con membranas

1.2.4.1 Microfiltración y ultrafiltración

La microfiltración se refiere a todos aquellos procesos de filtración que utilizan membranas porosas, generalmente simétricas, para separar turbidez, partículas en suspensión y algunos microorganismos patógenos y bacterias, con diámetros de poro comprendidos entre 0.1 y 10 μm , mediante un mecanismo de criba. La

diferencia de presión hidrostática aplicada es baja, normalmente hasta un máximo de 2 bar. La ultrafiltración utiliza membranas porosas con un tamaño medio de poro en el rango de 0.001-0.1 μm para separar agua y microsolutos de virus, materia coloidal y macromoléculas. La caída de presión impuesta es mayor que en la MF y normalmente está comprendida en el rango 1-5 bar. La mayoría de las membranas de UF son asimétricas y la mayor parte de la resistencia hidrodinámica se genera en una capa muy delgada de un espesor aproximado de 1 μm en contacto con el agua de alimentación [9].

Las membranas de microfiltración y ultrafiltración se fabrican en una diversidad de materiales, cuyas características es necesario conocer para hacer una selección compatible con la calidad del agua bruta, los requisitos de pretratamiento y otras condiciones de operación se muestran en la tabla 1.1:

Tabla 1.1 Material y características de membranas de ultrafiltración y microfiltración.

MATERIAL	CARACTERISTICAS
Polipropileno (PP)	Ofrece resistencia química en un amplio rango de pH (2-14), buena resistencia mecánica y tolera concentraciones bajas de cloraminas.
Mezclas de Polieter sulfona (PES)/ polivinilpirrolidona (PVP)	Alta resistencia a ambientes oxidantes (cloro, ozono); su alta hidrofiliidad aporta resistencia al ensuciamiento por materia orgánica. Son poco resistentes a la presencia de disolventes orgánicos.
Polisulfona (PS)	Alta tolerancia a cambios de pH (1-13), buena resistencia a oxidantes.
Poli (fluoruro de vinilideno) (PVDF)	Tolerantes a ambientes oxidantes, el rango de pH es más limitado (2-10,5), buena resistencia mecánica y pobre resistencia a temperaturas elevadas.

Derivados de celulosa (CD)	Exhiben un rango estrecho de operación de pH (4-8.5), los límites de temperatura baja (< 35 °C) , y la tolerancia moderada oxidante (> 105 ppm-h)
Poliacrilonitrilo (PAN)	Tienen límites de temperatura moderada (40°C), opera en un rango moderado de pH (2-10), buena resistencia mecánica (44 psig presión transmembrana, la presión de entrada max 44 psig), la tolerancia oxidante moderado (hasta 1000 ppm durante la limpieza, < 103 ppm-h), y la resistencia de moderada a ácidos y alcalino (acido = 1N, alcalino = 0.1N).

También se fabrican membranas cerámicas de MF/UF, aunque su utilización en procesos de tratamiento de agua no es habitual, siendo su campo de aplicación principal la industria alimentaria [11].

1.2.4.2. Nanofiltración y osmosis inversa

Se aplican en tratamientos terciarios de aguas depuradas, cuando el objetivo es obtener un agua de baja conductividad en aplicaciones industriales donde es frecuente el estándar de calidad del agua desionizada.

Ambos procesos están basados en el mismo principio: se fuerza al agua a difundir a través de la estructura molecular de la membrana no porosa, que impide el paso de sales disueltas y otras impurezas de bajo peso molecular como pesticidas, fármacos, disruptores endocrinos, etc. El agua pasa desde la cara de la membrana en contacto con la disolución concentrada en sales a la más diluida en virtud de la aplicación de un nivel de presión hidrostática que compense la presión osmótica natural de la disolución concentrada. Como resultado del proceso se genera una corriente de permeado formada casi en su totalidad por agua y otra corriente de concentrado con una alta concentración de sales y otros solutos.

La calidad del agua de entrada (concentración de sales, contenido en materia orgánica, etc.) tiene una influencia específica sobre los parámetros de operación de los sistemas NF/OI, el flujo, la presión de operación y el porcentaje recuperación, que se resumen en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Valores típicos de flujo y presión de operación para membranas de NF y
OI

	Presión Operación (bar)	Flujo Diseño (L/m ² h)	Factor Recuperación (%)
OI Agua de mar	50-75	10-18	35-45
OI corrientes salobres	10-40	15-25	65-85
Nanofiltración	5-15	15-25	75-85

Las membranas de NF y OI son muy similares, excepto que estas últimas tienen una estructura más densa.

Esto significa que la NF se utiliza en operaciones de eliminación de compuestos orgánicos y metales. En las operaciones de NF/OI el flujo de agua a través de la membrana es inversamente proporcional (aproximadamente) al espesor de la membrana. Por ello, las membranas tienen una estructura asimétrica, con una capa densa de espesor $< 1 \mu\text{m}$ sobre una capa porosa de espesor 50-150 μm , que aporta propiedades de resistencia mecánica. Atendiendo a la estructura interna, las membranas asimétricas de NF/OI se clasifican en dos grandes grupos:

- a) Membranas homogéneas asimétricas: la capa superior y la subcapa soporte son del mismo material. Los ésteres de celulosa (especialmente di- y tri-acetato de celulosa) ofrecen una excelente permeabilidad de agua. Sus desventajas se asocian a su baja resistencia a la presencia de oxidantes y su tendencia a hidrolizarse con el tiempo de uso. Otros materiales utilizados son las poliamidas aromáticas, polímidas y polibenzimidazoles.

b) Membranas compuestas: se forman a partir del ensamblaje de dos polímeros diferentes, la capa fina selectiva normalmente es una poliamida y se aplica mediante un procedimiento de polimerización interfacial sobre la capa microporosa asimétrica, normalmente una polisulfona [9].

1.2.5 Equipos y procedimientos

El éxito de la tecnología de membranas no se basa únicamente en sus propiedades de selectividad, si no que ofrece además la posibilidad de trabajar con equipos compactos y flexibles con elevados valores de área de membrana por volumen de equipo. Considerando que las instalaciones de tratamiento de agua necesitan por lo general cientos de miles de metros cuadrados de área de membrana, la configuración óptima del módulo de membranas es aquella que incorpore las siguientes características:

- Elevada relación área de membrana/volumen de equipo.
- Alto grado de turbulencia que promueva la transferencia de materia.
- Bajo consumo energético por unidad de volumen de agua producida.
- Bajo coste por unidad de metro cuadrado de membrana.
- Diseño que facilite la limpieza de la membrana.
- Diseño modular.

Algunas de las características anteriores se excluyen mutuamente. Por ejemplo, la limpieza mecánica de las membranas solo es posible en unidades en las que se pueda acceder directamente a la membrana, un tipo de diseño que aumenta el coste por unidad de área. Por otra parte, solo es posible alcanzar una elevada relación área/volumen haciendo que los canales de flujo sean estrechos, lo que perjudica la creación de turbulencia, y a su vez dificulta la limpieza.

A continuación se presentan las principales configuraciones de los equipos de membranas utilizados en operaciones de purificación y tratamiento de agua:

- a) Configuración de enrollamiento en espiral como se ilustra en la figura 1.4. Se superponen capas de membranas planas separadas mediante espaciadores. El conjunto se enrolla alrededor de un tubo central perforado cuya función es recoger el agua que permea a través de las membranas. La alimentación recorre el módulo en dirección axial. El permeado recorre la espiral hasta llegar al tubo colector. Es el diseño más económico, aunque susceptible de ensuciamiento, por lo que únicamente se emplea en NF y OI con aguas convenientemente pretratadas.

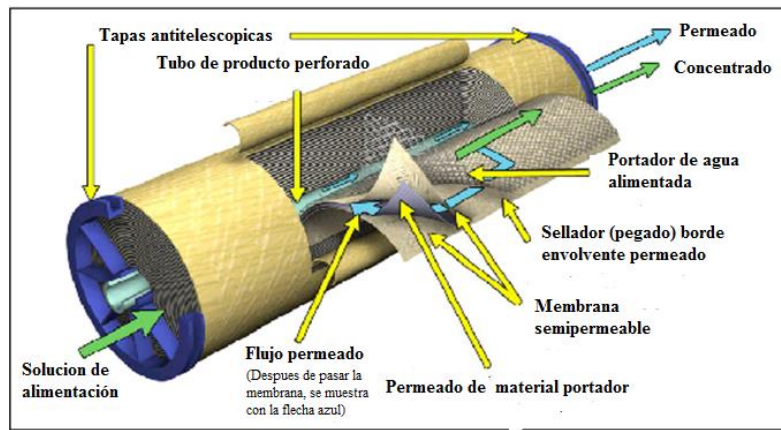


Figura 1.4 Componentes de los módulos de membrana con enrollamiento en espiral.

- b) Membranas de fibra hueca. Las membranas son capilares con un diámetro interno que puede variar en un amplio intervalo desde los 50 a los 3000 nm; los manojos de fibras huecas se empaquetan e introducen en un contenedor tubular. Una vez empaquetadas ofrecen una excelente relación entre área superficial y volumen de equipo, y es la configuración más extendida en operaciones de MF/UF. Sin embargo, están más expuestas a problemas de ensuciamiento. La circulación del agua puede introducirse por la carcasa, y el permeado se recoge por el extremo abierto del interior de las fibras. Los sólidos quedan retenidos sobre la pared externa de las membranas, de donde son retirados mediante lavado por arrastre superficial y retrolavado a través de la membrana porosa. Se utilizan fibras de pequeño diámetro interno y espesor de membranas relativamente grueso, para soportar las presiones hidrostáticas aplicadas. En el segundo caso la alimentación se introduce por el

interior de las fibras y para minimizar la caída de presión, el diámetro interno suele ser mayor que en el caso anterior.

- c) Membranas tubulares. Se utilizan casi exclusivamente en operaciones de ultrafiltración, en las que la elevada resistencia al ensuciamiento es una ventaja suficiente frente a su mayor coste. El tubo microporoso actúa como soporte de la capa de membrana selectiva. Los tubos tienen un diámetro elevado, entre 5-15 mm, que evita el atascamiento y el elevado grosor del tubo soporte facilita la aplicación de altas presiones en las etapas de limpieza de las membranas, e incluso posibilita la limpieza mecánica [12].

1.2.6 Estrategias de pretratamiento

En particular las membranas de ósmosis inversa son susceptibles a una amplia variedad de suciedades orgánicas e inorgánicas. Un tratamiento previo que suministre agua de alta calidad en la alimentación de las membranas es esencial para una operación eficiente de la planta [12].

Los pretratamientos ineficaces o poco fiables pueden llevar a problemas con el sistema de ósmosis inversa incluyendo altas tasas de ensuciamiento de la membrana, alta frecuencia de las limpiezas de membrana, tasas de recuperación bajas, alta presión de funcionamiento, la mala calidad del producto y la reducción de la vida de la membrana, todo lo cual tendrá un impacto directo en la productividad de la planta y los costes operativos [13]. Por lo tanto, la optimización del tratamiento es el factor clave para un exitoso sistema de desalinización de ósmosis inversa.

Las operaciones de pretratamiento se pueden dividir en dos grupos principales: (a) físico y (b) pretratamiento químico.

- a) Pretratamiento físico es la filtración mecánica mediante una barrera que impida el paso de sólidos suspendidos y se utilizan unidades de filtración como: filtros cartucho, filtros de arena, o filtración de membrana para la retención de partículas dispersas en el agua de alimentación y prevenir el bloqueo, ensuciamiento, y el flujo disminuye en la membrana.

- b) El pretratamiento químico incluye la adición de inhibidores de incrustaciones, coagulantes, desinfectantes y poli-electrolitos [14]. Mientras el pretratamiento químico requiere un ajuste de pH, para aumentar la solubilidad de sales, desinfección y evitar incrustaciones.

Las membranas de MF y UF son opciones alternativas viables y se estima que el pretratamiento de membrana se hará cada vez más popular en los próximos años [14].

1.2.7 Limpieza de sistemas de filtración por membrana

Las estrategias de limpieza para la eliminación de la contaminación biológica dependerán de romper la estructura de la bio película y residuos por fuerzas físicas que pueden incluir enjuague, aireación, bolas de esponja, ultrasonidos, o una combinación de estos. Las soluciones de limpieza pueden incluir biocidas (oxidante y no oxidante), alcalinas, agentes tensoactivos o surfactantes, enzimas, agentes quelantes (EDTA), y otros dispersantes. Mientras que el cloro libre y otros oxidantes químicos se utilizan con frecuencia en membranas de UF y MF, el envejecimiento de la membrana a largo plazo no se ha evaluado en detalle, sobre todo en combinación con el esfuerzo mecánico de limpieza física en sistemas de membrana sumergida. Pocos estudios han examinado el impacto específico de productos de limpieza de bio películas en UF, MF, NF, o de las membranas de ósmosis inversa [15].

Generalmente la limpieza química intensiva se realiza cada 6 a 12 meses mientras que la limpieza química es cada semana [16]. En general la limpieza se realiza cuando la presión tras membrana es elevada, el objetivo es recuperar el permeado inicial de la membrana. Se lleva a cabo en sitio por inmersión de la membrana en el recipiente con agente químico. El objetivo de la limpieza de mantenimiento es reducir la frecuencia de las limpiezas intensivas y por lo tanto mantener el permeado de las membranas. Diferentes proveedores sugieren diversos protocolos de limpieza y normalmente este método de limpieza varía dependiendo de la alimentación y las condiciones de la planta [15].

Para sistemas de membrana de osmosis inversa se utiliza una combinación de productos de limpieza como biosidas, bistiocianato de metilo, hidrocloreuro de

guanidina, urea, dimetil ditiocarbamato de zinc, compuestos de amonio cuaternario, ácido peracético, formaldehído, glutaraldehído, bisulfito de sodio y benzoato para hacer frente no solo a bio películas, incrustantes orgánicos e inorgánicos [17].
Recomienda limpieza en tres etapas:

- a) Surfactante alcalino y quelante agente con recirculación y remojo.
- b) Amplio espectro biosida no oxidante con recirculación.
- c) Alcalina y quelante tensoactivo para eliminar microorganismos y residuos con recirculación y remojo.

Se probó un número de combinaciones de enzimas, biosidas, agente cootropico, desnaturalizante y agentes tensoactivos en las membranas de ósmosis inversa sucias utilizando la tecnología de microscopía electrónica de barrido y mediante el recuento de células. Whittaker et al. (1994) llegaron a la conclusión de que los tensoactivos mejoraban significativamente la eficiencia de las enzimas en la capa de contaminantes biológicos y una combinación de urea y sulfato de dodecil de sodio también fue un excelente limpiador. Los agentes bactericidas fuertes no eran efectivos limpiadores, ya que no desprenden células muertas y estas al quedar sobre la superficie de la membrana se convierten en fuente de alimento para el futuro crecimiento de bio películas [18].

1.2.8 Métodos de limpieza

Los métodos de limpieza son esenciales para minimizar el ensuciamiento de la membrana. Es bien sabido que es mejor limpiar el sistema con frecuencia con el fin de evitar el ensuciamiento irreversible que podría ocurrir en la superficie de la membrana. Los métodos comúnmente utilizados en la limpieza de membranas son: a) retrolavado b) retrolavado con aire, c) retrolavado reforzado con químico y d) limpieza in situ (CIP) [10].

a) Retrolavado

Se emplea principalmente para la limpieza en sistemas de membranas de UF y MF. El ciclo de lavado consiste en introducir filtrado limpio de nuevo en los módulos. El ciclo de retrolavado comúnmente opera en un marco de tiempo preestablecido, por lo

general alrededor de cada 10-60 min y se inicia por el controlador lógico programable (PLC) que controla el sistema. Un retrolavado también se puede iniciar cuando la presión transmembrana alcanza un límite predeterminado establecido por el fabricante del sistema [10].

b) Retrolavado con aire

Es una combinación de retrolavado a contracorriente con aire para eliminar los sólidos que se mantuvieron en la superficie de la membrana, es generalmente más eficiente que un lavado a contracorriente convencional. El ciclo comúnmente opera desde cada 10 min a cuatro veces al día [10].

c) Retrolavado reforzado con químico (Limpieza CEB)

Es un lavado a contracorriente con la inyección en línea de productos químicos tales como cloro, hidróxido de sodio, o solución ácida. Un ciclo de lavado a contracorriente con químico, comúnmente opera en un período de tiempo 1 a 30 min y con una frecuencia de una vez a la semana a cuatro veces al día [10].

d) CIP (limpieza en sitio)

Es una limpieza química completa de todo el sistema, y los productos químicos que se utilizará dependerán del tipo de suciedad y el material de construcción de la membrana [10].

La limpieza no debe realizarse demasiado a menudo desde un punto de vista económico y medioambiental, y debido a un riesgo de degradación de la membrana. Sin embargo, si se alcanzan ciertos límites, la limpieza se hace inevitable.

Para los sistemas MF / UF, el aumento de la presión transmembrana es el parámetro más utilizado para supervisar. Y la limpieza puede ser iniciada cuando la presión transmembrana alcanza un límite predeterminado.

Para los sistemas de NF / RO, se recomienda la limpieza cuando cualquiera de los siguientes cambios sea del 10 al 15 % [19]:

- Aumento de la presión transmembrana
- Disminución del flujo de producto
- Aumento de sales en el rechazo
- Aumento de la caída de presión a lo largo recipiente.

CIP se puede realizar en cualquier parte de la instalación de la membrana de acuerdo a las necesidades. Se realiza generalmente en una membrana etapa o línea de proceso en el momento.

1.2.9 Productos de limpieza

Hay una variedad de diferentes productos químicos disponibles para la limpieza de la membrana. Sin embargo, las propiedades de algunos no son adecuadas o compatibles con algunos materiales de las membranas. Los productos de limpieza son seleccionados de acuerdo al tipo de suciedades que debe ser eliminados, típicamente identificados por la autopsia de la membrana. Los agentes de limpieza habituales son: ácidos, alcalinos, compuestos oxidantes, agentes complejantes, o antiprecipitantes, biocidas, detergentes y enzimas. Por ejemplo, los ácidos débiles son conocidos para ayudar a eliminar los óxidos de hierro y metal, mientras que la bio película se limpia por lo general con un base alcalina limpiador [10].

Después de seleccionar los productos de limpieza adecuados, varias condiciones de limpieza deben ser ajustadas: la temperatura y la concentración de las soluciones de limpieza, la velocidad del flujo cruzado, la transmembrana durante la limpieza de la membrana. Por otra parte, la secuencia de limpieza debe optimizarse con cuidado para tener una mejor acción en la eliminación de suciedades. El orden en el que los productos de limpieza se aplican, la duración de cada paso, y el tiempo de lavado será elegido como función del nivel deseado de limpieza. Los procedimientos pueden consistir en etapas con un tiempo de remojo entre la recirculación de la solución de limpieza [10].

1.2.10 Autopsia

En el proceso de la autopsia, las membranas se cortan, abren, y se estudian sus superficies mediante análisis químico, microbiológicos, y microscópico además del empleo de células de prueba para caracterizar la función de membrana. Debido a que la autopsia es un procedimiento destructivo, se requiere un elemento de membrana de sacrificio. La membrana es retirada del recipiente, permaneciendo húmeda, se envuelve inmediatamente en una bolsa de plástico, y es enviado al laboratorio tan pronto y tan rápido como sea posible. En el laboratorio son analizados los elementos del módulo con el fin de ofrecer información sobre la historia de operación y mantenimiento de la instalación y por lo tanto puede ayudar a resolver los problemas de funcionamiento [10].

1.3 Tratamiento metálico en la industria automotriz

1.3.1 Introducción

En el tratamiento previo de carrocerías de automóviles fabricados a partir de diferentes metales es necesaria la protección contra la corrosión y una capa base para recubrimientos posteriores. Es un proceso establecido y utilizado por casi todos los fabricantes de automóviles en el mundo.

Las carrocerías de autos fabricados hoy en día frecuentemente contienen varios sustratos diferentes, por ejemplo, el acero laminado en frío, acero endurecimiento, acero electro galvanizado, acero galvanizado, láminas de aluminio y plástico. El proceso multimetalico con fosfatado tricatiónico zinc es el proceso estándar en todo el mundo para el pretratamiento de carrocerías de automóviles. El procedimiento comprende varias etapas, a saber: desengrasado, aclarado, la activación, fosfatado, aclarado, pasivación (opcionalmente), y un aclarado con agua desmineralizada final.

1.3.2 Procesos de recubrimiento automotriz

Los procesos de recubrimiento en la industria automotriz son muy importantes ya que ofrecen una excelente calidad de acabado, una protección contra la corrosión y una base para aplicar acabados finales de pintura. La pintura es un sustrato que ha permitido embellecer y proteger la superficie metálica. Sin embargo, ésta no ofrece a la pieza pintada

durabilidad y resistencia a la corrosión, ya que la película de pintura es permeable a la humedad y oxígeno del aire y además, como la superficie metálica se conserva conductora bajo la película de pintura, posibilita que se produzca un deterioro bajo ella, ya que las corrientes de corrosión fluyen sin impedimento entre los potenciales locales de la superficie metálica. Las extraordinarias propiedades de absorción de la capa de fosfato a la pintura, se debe a la rugosidad microcristalina que produce sobre la superficie metálica. Los grandes beneficios de la capa de fosfato, como tratamiento previo a la aplicación de pintura sobre un metal, se resumen en el aumento notable en la adherencia de la pintura y la resistencia a la corrosión del metal base, así como la resistencia al impacto, mejorando la elasticidad metal-pintura. Hay diversos tipos de pretratamientos los cuales usan diferentes tipos de fosfatizados [20].

1.3.3 Descripción del proceso

El pretratamiento metálico consta del lavado de exteriores, interiores y posteriormente se procede a realizar el proceso en 9 etapas o tanques donde el sustrato metálico es limpiado y fosfatizado para poder ser pintado en la etapa de electrodeposición. A continuación se describirá brevemente lo que ocurre en cada etapa del pretratamiento. En la industria de recubrimiento metálico este proceso de pretratamiento puede realizarse por medio de inmersión o aspersión [20].

Etapas 1 Desengrase por aspersión

En esta etapa el sustrato metálico es desengrasado usando soluciones a base de hidróxido de potasio. Esto es debido a que las piezas vienen previamente estampadas y trabajadas y el sustrato por lo general viene cubierto de grasas y aceites que son utilizados para prevenir la oxidación en el sustrato metálico y a su vez cuando se corta y solda el metal se usan productos para prevenir que la escoria (en el caso de las máquinas soldadoras) se pegue al metal [20]. Los parámetros a controlar en esta etapa son la temperatura, el tiempo, la concentración del desengrase y la presión.

a) Temperatura

La temperatura debe de ser constante en el baño de desengrase y por lo general se recomiendan rangos que van desde 40°C a 60°C.

b) Tiempo

Debe de haber un tiempo suficiente de contacto entre el sustrato y la solución del desengrase para tener una mejor limpieza y así poder acondicionar la pieza para después poder ser fosfatizado. Los tiempos de inmersión es de alrededor de 60 segundos.

c) Presión

Para tener una buena recirculación en el tanque es necesaria una buena presión en el tanque para permitir que el flujo de solución sea uniforme y controlado en todo el sustrato metálico, ya sea en un proceso de inmersión o en un proceso de aspersión. De esta manera es posible hacer circular la solución en un tanque y poder dar una mejor limpieza al sustrato metálico.

d) Concentración del desengrase

La concentración se debe de mantener en las especificaciones para las cuales fue diseñado el desengrasante. Para esto se usa una proporción de un 2% desengrasante, aunque esto puede variar dependiendo del material a limpiar así como el tamaño del tanque donde se contiene el desengrasante y la temperatura y tiempo de inmersión.

Etapa 2 Desengrase por inmersión

En esta etapa se termina de limpiar el sustrato que no haya sido limpiado totalmente en la etapa 1. Por lo general las líneas de pretratamiento y electrodeposición tienen un tiempo para la inmersión de 120 – 180 segundos por etapa por lo que una segunda etapa de desengrase es vital para asegurar que el sustrato venga libre de contaminantes y residuos. Las etapas de desengrase manejan agitadores así como bombas, para darle una recirculación a la solución en la etapa. También es indispensable tener filtros bolsa en las etapas de desengrase para atrapar todos los contaminantes que son retirados del sustrato y así poder proteger a las bombas de recirculación de posibles fallas debido a residuos o finos metálicos que se encuentran en solución. El pH que manejan los desengrasantes está en un rango de 9.5 a 12.5 por lo que los volúmenes de agua residual son demasiados alcalinos.

Etapa 3 Enjuague

La principal tarea de enjuague es eliminar el excesivo de químicos de la superficie metálica y por lo tanto evitar la contaminación de las siguientes etapas, que puede causar graves

problemas en la química del proceso. Para ayudar a mantener limpio este enjuague se usan filtros bolsa para atrapar contaminantes que puedan venir por arrastre de las etapas anteriores.

Etapas 4 Acondicionador

Después de que las piezas salen del enjuague pasan a la etapa del acondicionador. Este utiliza sales de titanio para preparar el sustrato para su fosfatizado. El propósito de las sales de titanio es permitir enjuagar la superficie del sustrato de residuos del desengrase, e incrementar la activación del metal, para facilitar la formación de un recubrimiento de fosfato cristalino y denso. Este tanque sólo se tira si hay un periodo largo de inactividad y se le agrega agua desionizada para mantener niveles. Cabe mencionar que para preparar este baño únicamente se debe de utilizar agua desionizada. Los parámetros a controlar en el acondicionador son la concentración, el pH, la presión y la filtración. La concentración de un acondicionador puede variar dependiendo del volumen del tanque y el material a acondicionar pero por lo general se puede manejar un rango de 4 a 10 ppm de sales de titanio en un baño de acondicionador. El pH no debe de ser mayor de 9.5 y no bajar de 8.0. La filtración es importante para ayudar a mantener limpio el baño y por lo general se puede usar filtros bolsa con un micraje de 10 o 5. La presión se puede manejar de 8 a 25 psi.

Etapas 5 Recubrimiento de Fosfato

Aquí es donde el sustrato es fosfatizado con zinc, níquel y manganeso. El propósito que tiene el fosfato tricationico es aumentar la adhesión de la pintura y reducir la velocidad de corrosión en la superficie. La aplicación es por inmersión. En un sistema de inmersión se utilizan eductores y agitadores dentro del baño que ayudan a dar una mejor circulación a la solución en el baño. Los parámetros a controlar en un baño de fosfato son la temperatura, la acidez libre y la acidez total en el baño, así como el peso de recubrimiento aplicado al sustrato. La temperatura de operación debe de estar en un rango de 35 a 55 °C debido a que una temperatura máxima acelera la producción de lodos de fosfato y una temperatura mínima reduce el peso de recubrimiento en las piezas. El peso de recubrimiento es el que garantizará la protección contra la corrosión y este se especifica dependiendo del uso que se dará al material fosfatizado.

La teoría del recubrimiento de fosfato se da en base a que los fosfatos metálicos son insolubles en agua pero solubles en ácidos minerales. Las soluciones de fosfato que existen en el mercado consisten en fosfatos metálicos disueltos en soluciones balanceadas de ácido fosfórico. Cuando la concentración del ácido en el baño permanece sobre un punto crítico, el fosfato metálico permanece en solución. Cuando el sustrato metálico a fosfatizar, que es un metal reactivo (inestable), entra en el baño, ocurre un ligero ataque y la concentración del ácido se reduce en la interfase líquido metal. Es aquí donde la superficie del sustrato es ligeramente disuelto, se forma hidrógeno gaseoso y precipita el recubrimiento de fosfato. Esta reacción química ocurre en un determinado tiempo. Para poder acelerarla se utilizan aditivos, los cuales, además, ayudan a disminuir el tamaño de cristal. Los aceleradores o aditivos más usados son nitritos, nitratos, cloratos y peróxidos o combinaciones de estos [21]. Los más usados son los nitratos debido a que estos generan una estructura cristalina más gruesa.

La superficie de la pieza es irregular y eléctricamente conductiva y susceptible a la corrosión, pero una vez fosfatizada la superficie se vuelve relativamente uniforme, no conductiva y resistente a la corrosión.

La acidez libre en este caso es una medida del contenido de ácido fosfórico en el baño y la acidez total es una medición de la concentración del fosfato en el baño. El aditivo es la medida del control de nitrito de sodio que hay en el baño. Estas 3 variables son muy importantes al momento de operar el baño de fosfato ya que durante el recubrimiento de fosfato se precipita fosfato férrico en forma de lodos, por lo que hay que tener las concentraciones dentro de los rangos adecuados para minimizar la producción de lodos.

Los lodos de fosfato férrico no se pueden eliminar de la operación del baño de fosfato, por lo que se debe tener un sedimentador cónico por debajo del tanque para sacar todo el lodo por medio de bombeo.

Etapas 6 Enjuague por aspersión

El propósito de este enjuague es detener la reacción que hay del fosfato con el sustrato. Este enjuague tiene una alimentación continua de agua para mantener los parámetros de operación requeridos que son una acidez total y un pH que oscile entre 6 y 7 [20].

La acidez total es una medida que indica qué tan ácida está el agua. Si la acidez total del agua empieza a salirse de los rangos establecidos de operación, la reacción podría continuar causando sobrecrecimiento de cristales de fosfato de zinc. Para mantener el enjuague en óptimas condiciones además de una alimentación continua de agua se debe tener filtros bolsa para atrapar los lodos de fosfato que provienen por el acarreo del baño de fosfato de zinc.

Etapa 7 Enjuague por inmersión

La principal tarea de un segundo enjuague es de eliminar residuos de químicos que no alcanzo a remover el primer enjuague de la superficie metálica y evitar la contaminación en las siguientes etapas, lo que eliminaría la eficacia de la etapa de pasivación.

Este enjuague tiene una alimentación constante de agua. Cuando este enjuague excede su volumen, el agua va por rebose hacia un tanque colector que es la alimentación a un sistema de recuperación de agua utilizando filtración de membrana (Ultrafiltración y Osmosis Inversa) para depurar contaminantes que arrastro la carrocería en etapas precedentes y obtener un agua producto de alta calidad que se envía a la etapa 10 para el enjuague final de la carrocería optimizando el proceso de recubrimiento de metales.

Etapa 8 Sellador

Este tanque contiene agua desionizada y un sellador no crómico. El propósito de este sellador es rellenar los huecos entre los cristales para evitar que entre la humedad por medio de estos huecos. La forma de controlar y tener en óptimas condiciones el sellador es controlando el pH y monitoreando las ppm de flúor. El mecanismo del sellador no crómico no es totalmente entendido, pero se acepta debido a que presenta una precipitación de compuestos insolubles y reduce el tamaño de los poros en la capa de fosfato [20]. Entre los diferentes tipos de soluciones selladoras, las que han demostrado ser las más efectivas, son aquellas basadas en sales de cromo hexavalente o mezclas de cromo hexavalente y trivalente, pero ya no son utilizadas por cuestiones ambientales.

Etapa 9 a Enjuague por inmersión

El propósito de este enjuague es el de remover cualquier exceso contaminante que haya sido arrastrado por él. Este tanque sólo contiene agua desmineralizada y tiene una salida de agua que va hacia las etapas 8, 7 y 6 y normalmente el agua se dirige a la etapa 7 cuando excede su volumen por medio de una tubería usando un sistema de bombeo. El propósito de estar suministrando agua al enjuague de la etapa 7 es para mantener los parámetros de conductividad en el rango óptimo. Para ayudar a controlar mejor la calidad del agua se recomienda tener filtros bolsa en este enjuague con un poro de 1 micra. La entrada de agua a este enjuague aumenta su volumen y por medio de rebose va hacia la etapa 7. Esto permite que las condiciones de conductividad en el enjuague de la etapa 7 permanezcan dentro de rango.

Etapa 9 b Enjuague por aspersión

El enjuague por aspersión es remover contaminantes que no se alcanzaron a remover en el enjuague por inmersión, aquí el parámetro es la conductividad del agua que varía ligeramente de un fabricante de automóviles a otro y está típicamente en el rango de 15-50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20 °C. Esto debido a que la siguiente etapa es de electro- deposición [20].

1.3.4 Recuperación de agua de proceso

La recuperación de agua de proceso del lavado por inmersión de carrocerías de autos, consiste en coleccionar agua de rebose del enjuague de la etapa 7 en un tanque colector, esta agua es bombeada a un sistema de filtros de disco de 130 micras, una vez filtrado se alimenta al sistema de filtración por membrana de ultrafiltración que consta de 12 unidades distribuidas en dos bancos en arreglo en serie que sirve como pretratamiento a un sistema de remoción de sales, el producto se envía a un tanque de transferencia y el material retenido se envía al drenaje industrial. El agua almacenada en el tanque de transferencia es la alimentación a un sistema de osmosis inversa que lo integran dos bancos con arreglo 4:2 el primero y el segundo en arreglo 2:1 para optimizar la recuperación de agua, el producto de esta filtración se envía a la etapa de aspersión de la etapa 9 para el enjuague de carrocerías. En el capítulo 3 se presenta a detalle el DTI de la planta de recuperación.

2. METODOLOGÍA

2.1 Metodología para la estandarización de la planta de recuperación

Se realizó una investigación de campo en una planta de recuperación de agua de proceso de lavado por inmersión de las carrocerías de automóviles mediante ultrafiltración y osmosis inversa instalada en el proceso de recubrimiento automotriz que demanda para la fabricación de automóviles.

La planta de recuperación está constituida por unidades de ultrafiltración y osmosis inversa para satisfacer las necesidades del proceso de recubrimiento automotriz.

Para llevar a cabo la estandarización se realizó la descripción del proceso, se realizaron los diagramas de flujo de la planta, así como del sistema involucrado para la recuperación de agua, el balance de materia del proceso, se redactaron los procedimientos de operación y de limpieza, se evaluaron la cantidad de insumos químicos requeridos y finalmente se monitorearon el comportamiento de los parámetros de la calidad del agua y parámetros de operación de la planta como se ilustra en la figura 2.1.

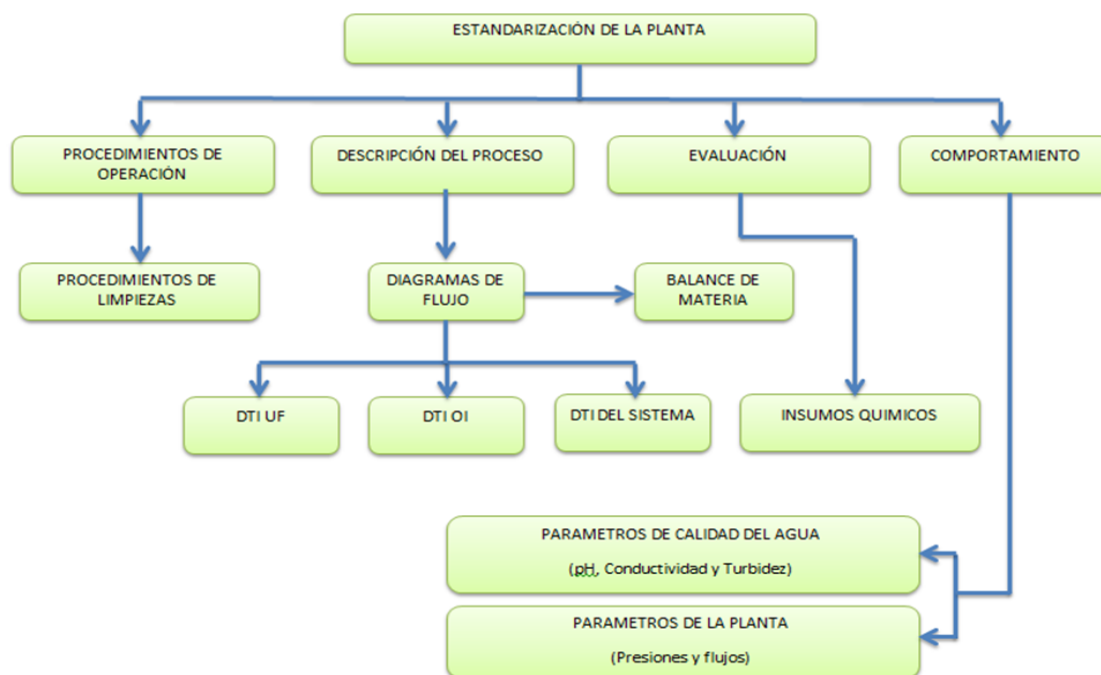


Figura 2.1 Metodología empleada para la estandarización de la planta.

En la tabla 2.1 se muestran los parámetros de control de la operación de la planta de recuperación obtenidos en una semana, las muestras y levantamiento de parámetros de la operación se tomaron cada cuatro horas y suman un total de 28 muestras. Los cuales nos muestran el comportamiento de dicha planta.

Los parámetros que representan un valor significativo en la operación se dividen en parámetros de calidad de agua y parámetros de operación de la planta.

Parámetros de calidad de agua: son medidos con equipos de campo y nos dan un diagnóstico de la presencia de contaminantes en el transcurso de la planta, y son los siguientes: conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) este parámetro es representativo al contenido de sales presentes en cierto volumen de agua, el pH nos proporciona que tan solubles van a ser los contaminantes presentes en el volumen de agua y la turbidez (NTU) nos indicaran la presencia de solidos totales presentes en cierto volumen de agua.

Los parámetros de operación de la planta: se muestran en instrumentos de medición que integran la planta de recuperación en diferentes secciones que nos sirven de indicador de cómo se encuentran operando los equipos y las lecturas son medición de presión y flujos los cuales son indicadores del estado de filtración de los equipos.

Tabla 2.1 Parámetros de control de operación de la planta de recuperación de agua.

	Tubo	Parámetros	Unidades	Tanque B19	Entrada U.F.	Salida U.F.	Entrada O.I.	Permeado B1	Permeado B2	Tanque B20	PE FC (psi)	PE UF (psi)	PE OI (psi)	BAPB1 (psi)	BAPB2 (psi)	EU F (LPM)	PUF1 (LPM)	PUF2 (LPM)	EOI (LPM)	PB1OI (LPM)	PB2OI (LPM)	Permeabilidad UF (L/hr*in ²)
DIA 1	1	Ph	Unidad de Ph	6.09	6.15	5.4	3.94	4.89	4.72	5.37												
		Conductividad	µS/cm	67.3	66.1	57.1	105.6	14.1	8.9	4.3	39	30	40	220	219	554.83	206.63	206.83	598	400	341	26.8
		Turbidez	NTU	7	6	1	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	7.25	7.2	6.39	6.75	5.81	5.72	5.5												
		Conductividad	µS/cm	320	318	214	242	54.4	11.6	13.5	40	32	41	221	219	542.65	202.09	202.29	594	396	338	26.3
		Turbidez	NTU	14	14	1	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.43	6.34	6.09	6.15	5.59	5.3	5.28												
		Conductividad	µS/cm	263	254	253	290	61	10.5	10.8	42	33	42	222	219	557.65	207.68	207.88	589	390	336	27.0
		Turbidez	NTU	15	14	0	0	0	0	0												
DIA 2	1	Ph	Unidad de Ph	6.94	6.85	5.65	5.82	5.6	5.44	5.4												
		Conductividad	µS/cm	214	226	239	237	58.8	14.4	9.3	42	34	42	223	220	556.17	207.13	207.33	585	391	333	26.9
		Turbidez	NTU	11	11	0	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	7.08	6.9	5.88	5.9	5.76	5.53	5.58												
		Conductividad	µS/cm	238	221	241	261	60.1	13.4	11.1	42	34	42	224	220	550.04	204.85	205.05	580	392	330	26.6
		Turbidez	NTU	12	11	0	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	7.11	7.01	5.91	5.93	5.8	5.63	5.64												
		Conductividad	µS/cm	241	227	250	270	63.2	14.2	11	45	34	42	225	220	522.09	194.44	194.63	576	383	328	25.3
		Turbidez	NTU	22	20	1	0	0	0	0												
DIA 3	1	Ph	Unidad de Ph	6.52	6.47	5.96	5.81	5.81	5.91	5.61												
		Conductividad	µS/cm	338	329	349	80.2	80.2	14.4	11.3	45	34	42	226	221	517.10	192.58	192.76	571	375	325	25.0
		Turbidez	NTU	37	35	1	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.47	6.51	6	6.54	5.7	5.61	5.54												
		Conductividad	µS/cm	334	336	281	293	64.1	8.9	9.5	54	34	43	227	221	452.40	166.48	166.64	567	372	323	21.9
		Turbidez	NTU	30	29	2	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.81	6.73	6.1	6.62	5.98	5.71	5.65												
		Conductividad	µS/cm	321	324	301	314	69.3	10.4	9.9	60	34	42	228	222	410.23	152.78	152.92	563	378	320	19.9
		Turbidez	NTU	27	25	2	0	0	0	0												
DIA 4	1	Ph	Unidad de Ph	5.78	5.75	5.64	5.32	5.25	5.1	5.77												
		Conductividad	µS/cm	205	194	230	236	67.6	17.8	21.3	58	32	41	229	222	461.48	171.86	172.03	558	370	318	22.3
		Turbidez	NTU	20	20	1	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.56	6.52	5.6	5.64	5.89	5.65	5.53												
		Conductividad	µS/cm	350	325	340	354	74.3	16.8	15.9	58	32	42	230	222	462.11	172.10	172.27	554	365	315	22.4
		Turbidez	NTU	16	18	1	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	5.73	5.58	5.6	5.73	5.72	5.97	5.6												
		Conductividad	µS/cm	301	488	454	395	110.1	18.7	12.5	49	32	41	231	223	432.54	161.09	161.24	549	362	313	20.9
		Turbidez	NTU	46	45	2	0	0	0	0												
DIA 5	1	Ph	Unidad de Ph	6.42	6.44	6.2	6.27	5.77	5.89	5.91												
		Conductividad	µS/cm	478	482	440	435	66.9	15.1	20.5	49	36	46	232	223	453.17	165.77	166.93	545	360	310	21.9
		Turbidez	NTU	49	48	2	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.42	6.42	6.18	6.25	5.58	5.69	5.64												
		Conductividad	µS/cm	466	482	448	476	146.1	20.7	15.5	56	37	45	233	223	451.55	168.17	168.33	540	361	308	21.9
		Turbidez	NTU	74	70	2	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.44	6.45	5.89	5.52	5.97	5.66	5.58												
		Conductividad	µS/cm	457	455	485	482	140.8	24.1	23.1	56	31	41	234	224	435.50	162.19	162.35	536	362	305	21.1
		Turbidez	NTU	74	76	2	0	0	0	0												
DIA 6	1	Ph	Unidad de Ph	5.92	5.95	5.91	5.87	5.62	5.53	5.78												
		Conductividad	µS/cm	462	461	463	455	101.5	14.9	15.2	48	33	42	235	234	464.29	172.91	173.08	532	356	303	22.5
		Turbidez	NTU	54	54	2	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.09	6.03	5.45	5.32	5.75	5.8	6.17												
		Conductividad	µS/cm	456	449	454	458	94.6	18	17.1	48	34	43	236	225	444.44	165.52	165.68	527	357	300	21.5
		Turbidez	NTU	69	66	2	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.28	6.28	5.81	5.88	5.63	5.51	5.77												
		Conductividad	µS/cm	348	357	366	374	71.4	18.6	20.1	55	32	42	237	225	484.43	180.41	180.59	523	356	298	23.4
		Turbidez	NTU	44	42	0	0	0	0	0												
DIA 7	1	Ph	Unidad de Ph	6.11	6.06	5.56	4.48	5.66	5.56	5.68												
		Conductividad	µS/cm	351	348	353	367	88.4	16.7	23.1	58	32	42	238	225	452.19	168.40	168.57	518	346	295	21.9
		Turbidez	NTU	36	36	0	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.57	6.56	5.37	5.78	5.45	5.35	6.32												
		Conductividad	µS/cm	374	373	489	389	90.8	14.1	15.2	58	33	43	239	226	455.92	162.35	162.50	514	343	295	21.1
		Turbidez	NTU	43	43	1	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.34	6.36	5.98	6.32	5.48	5.8	5.72												
		Conductividad	µS/cm	354	332	302	306	82.1	17.1	18.2	58	32	41	240	226	440.43	164.02	164.18	509	340	290	21.3
		Turbidez	NTU	35	34	2	0	0	0	0												
DIA 8	1	Ph	Unidad de Ph	5.96	5.93	5.8	5.83	5.78	5.59	5.73												
		Conductividad	µS/cm	351	354	348	350	85.1	21.2	18.5	64	33	42	241	227	377.98	140.77	140.90	505	337	288	18.3
		Turbidez	NTU	39	38	1	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.53	6.51	5.62	5.72	5.91	5.69	5.7												
		Conductividad	µS/cm	400	408	370	397	78.4	13.9	15.6	66	34	43	242	227	415.15	154.61	154.76	501	336	285	20.1
		Turbidez	NTU	54	50	2	0	0	0	0												
	3	Ph	Unidad de Ph	6.08	6.06	5.37	5.51	5.52	5.41	6.02												
		Conductividad	µS/cm	350	346	366	359	81.3	20.2	9.5	66	32	41	243	227	398.61	148.45	148.59	496	337	283	19.3
		Turbidez	NTU	48	46	2	0	0	0	0												
DIA 9	1	Ph	Unidad de Ph	6.04	6.09	5.29	5.72	5.87	5.94	6.19												
		Conductividad	µS/cm	444	447	459	344	62.9	15.6	17.3	67	32	41	244	228	411.21	153.14	153.29	492	338	280	19.9
		Turbidez	NTU	46	45	2	0	0	0	0												
	2	Ph	Unidad de Ph	6.22	6.2	5.38	5.56															

3. INGENIERÍA DEL PROCESO

3.1 Descripción y operación del proceso

La industria automotriz implica una serie de procesos para la construcción de sus vehículos. En el proceso de pintura de carrocerías de autos se lleva a cabo un tratamiento de lavado y depositación de metales sobre la superficie de la misma, con el fin de mejorar sus propiedades de adhesión y resistencia a la corrosión. Para este proceso se lleva a cabo un pretratamiento para remover partículas ajenas a la carrocería y posteriormente una secuencia de nueve etapas de las cuales, nuestro caso de estudio, es la etapa siete y etapa nueve, debido a que en la etapa ocho se dosifica un sellador de superficie no se retorna a nuestro tanque colector y cuando se requiere vaciar el contenedor se hace directo al drenaje industrial para su próximo tratamiento.

El proceso consta de etapas de limpieza por medio de desengrasantes, lavado y enjuagues, activación del metal, fosfatizado, aplicación de sellador y enjuagues. En la figura 3.1 se ilustra el diagrama de bloques del proceso de tratamiento de carrocerías, en el dibujo N30-023.DTI-03 se ilustra detalladamente el proceso.

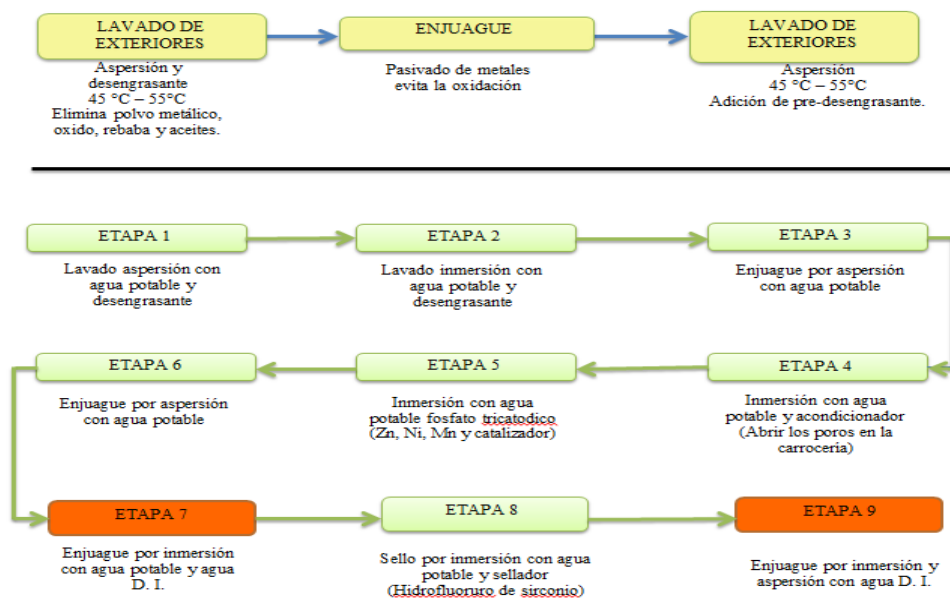


Figura 3.1 Proceso de adición de metales, lavado y enjuague de carrocerías.

En la etapa siete se realiza un enjuague por inmersión y aspersión para eliminar contaminantes (fosfatos) perecederos de la etapa cinco y seis. En la etapa nueve se realiza un enjuague por inmersión y aspersión para eliminar residuos perecederos de la etapa ocho la diferencia entre la etapa siete y nueve es la calidad de agua. La recuperación comienza cuando a través de la línea de rebose de la etapa siete es retornada el agua de lavado de carrocerías hacia el tanque de almacenamiento de agua cruda 30-TK-A01, de este tanque a través de las bombas 30-BC-A01 o 30-BC-A02 (según la que este seleccionada) se envía el agua al sistema de UF, la cual antes de llegar a esta, pasa a un sistema de pretratamiento para retener partículas mayores a 130 micras utilizando tres filtros autolimpiables de 130 micras (30-FA-B01/02/03) los cuales están configurables para que cada vez que se alcanza una diferencia de presión en este sistema (1 kg/cm^2) se activa un retrolavado con duración de 90 segundos por cada módulo y evitar daños a la superficie de la membrana de ultrafiltración, el agua filtrada pasa al sistema de UF.

El sistema de ultrafiltración (30-UF-D01/E01) consta de dos bancos con 6 membranas de la marca DOW modelo INTEGRAPAC/IP77 cada uno, los cuales pueden trabajar independientes o en paralelo, cada banco está diseñado para producir $15.46 \text{ m}^3/\text{hr}$ los cuales envían el agua a un tanque de almacenamiento para posteriormente ser enviada al sistema de osmosis inversa. La operación del sistema de ultrafiltración es batch y se debe realizar un retrolavado en un rango de 180 min de operación, por lo que en esta etapa se mantiene operando un banco mientras que el otro está en retrolavado, y posteriormente se invierten para que ambos bancos sean limpiados, los tiempos de retrolavado son configurables desde el panel y su rango es de cinco a diez minutos, y se puede realizar en automático o en forma manual y local si así se requiere.

El agua ultra-filtrada es almacenada en un tanque de 5000 litros, cuando este tiene un nivel óptimo encenderá la bomba 30-TK-F01 de alimentación a osmosis inversa, antes de entrar a las membranas, por seguridad, el agua pasa a través de un filtro pulidor 40-FC-A01 el cual tiene 12 filtros cartuchos de 1 micra y sera enviada a los módulos de osmosis inversa.

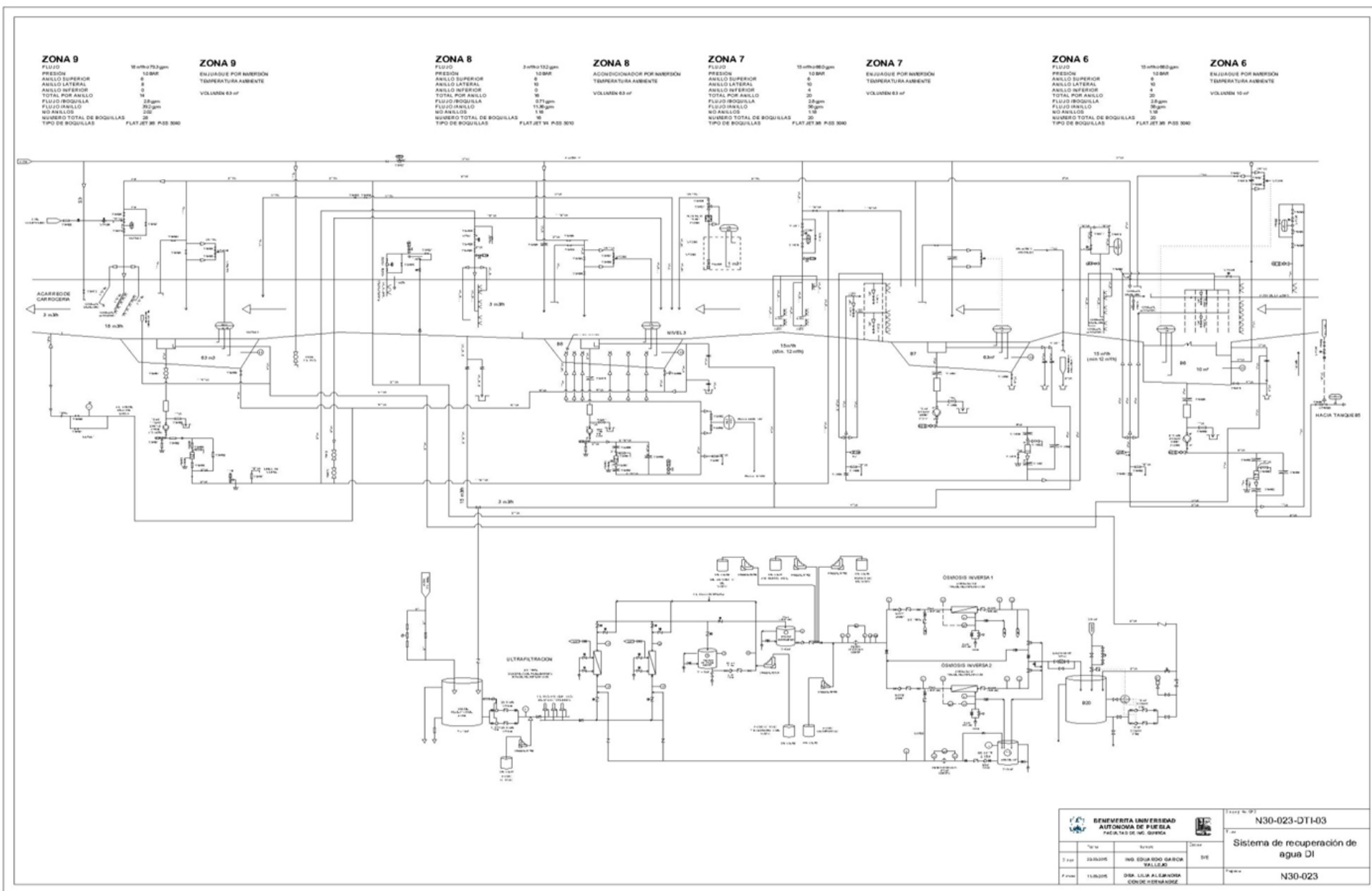
La osmosis inversa consta de dos bancos con arreglo 4:2 y 2:1 el flujo de alimentación en la primera etapa es de $35.89 \text{ m}^3/\text{hr}$ al circular en el arreglo 4:2 se recuperan $24.04 \text{ m}^3/\text{hr}$ que es

la alimentación a la segunda etapa 2:1. El rechazo de la primera etapa, el 25% de flujo, se recircula al tanque de transferencia 30-TK-G01 y el 75% se manda al drenaje.

En el arreglo 2:1 de osmosis inversa se circula el agua producto del arreglo 4:2 obteniendo $20.43 \text{ m}^3/\text{hr}$ de agua permeada y el rechazo se recircula al tanque de transferencia 30-TK-G01.

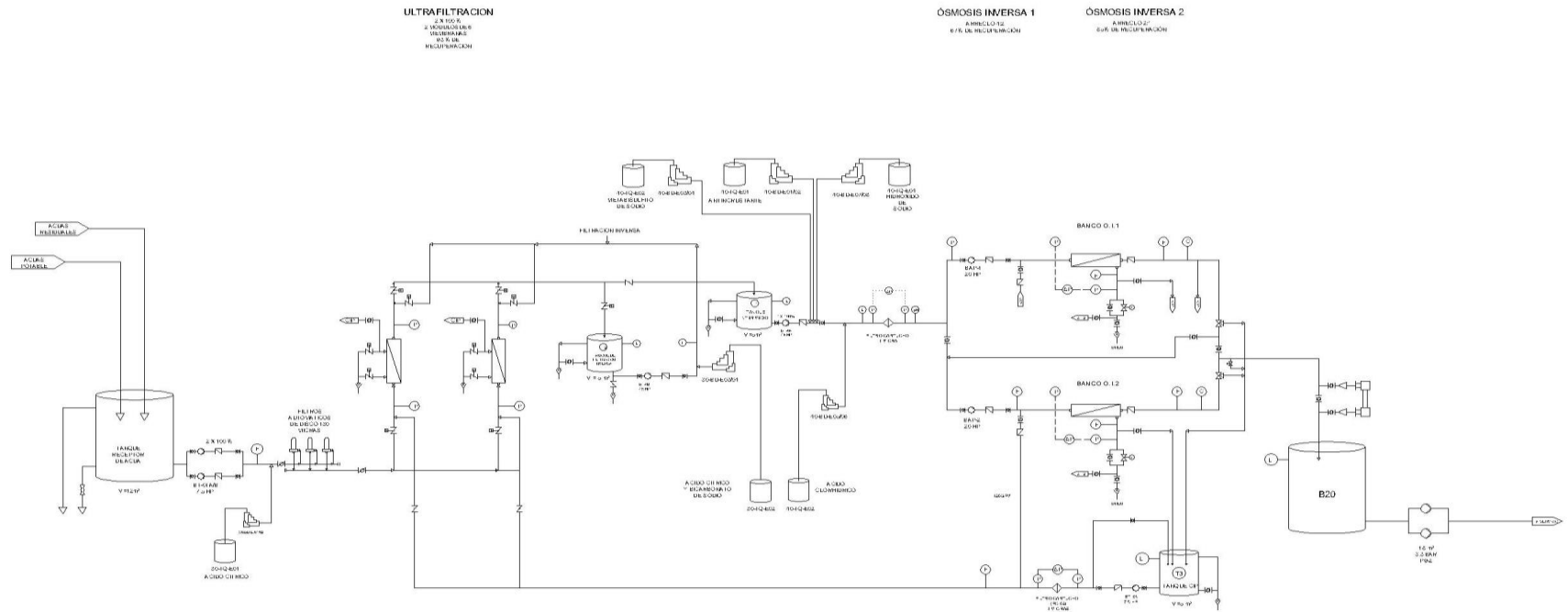
El agua producto del arreglo 2:1 pasa por un sistema de luz ultravioleta y posteriormente se envía a un tanque 40-TK-F01 donde se almacena y posteriormente se envía al proceso mediante las bombas 40-BC-E02/03 de acuerdo a las necesidades que demande el proceso.

En el dibujo 12-158-U01 se muestra el diagrama de flujo de la planta de recuperación del lavado de carrocerías y en los dibujos 12-158-U02 / 12-158-U03 se ilustran los diagramas de tuberías e instrumentación.



SEMPERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES FACULTAD DE INGENIERIA			N30-023-DT-03	
Fecha: 20.05.2015 Por: 11.05.2015	Autor: ING. EDUARDO GARCIA TALLER 2 DISEÑO DE UN SISTEMA DE OSMOSIS INVERSA	Sección: DFE	Sistema de recuperación de agua DI	
			N30-023	

PLANTA DE RECUPERACION DE AGUA DE PROCESO



NOMENCLATURA:

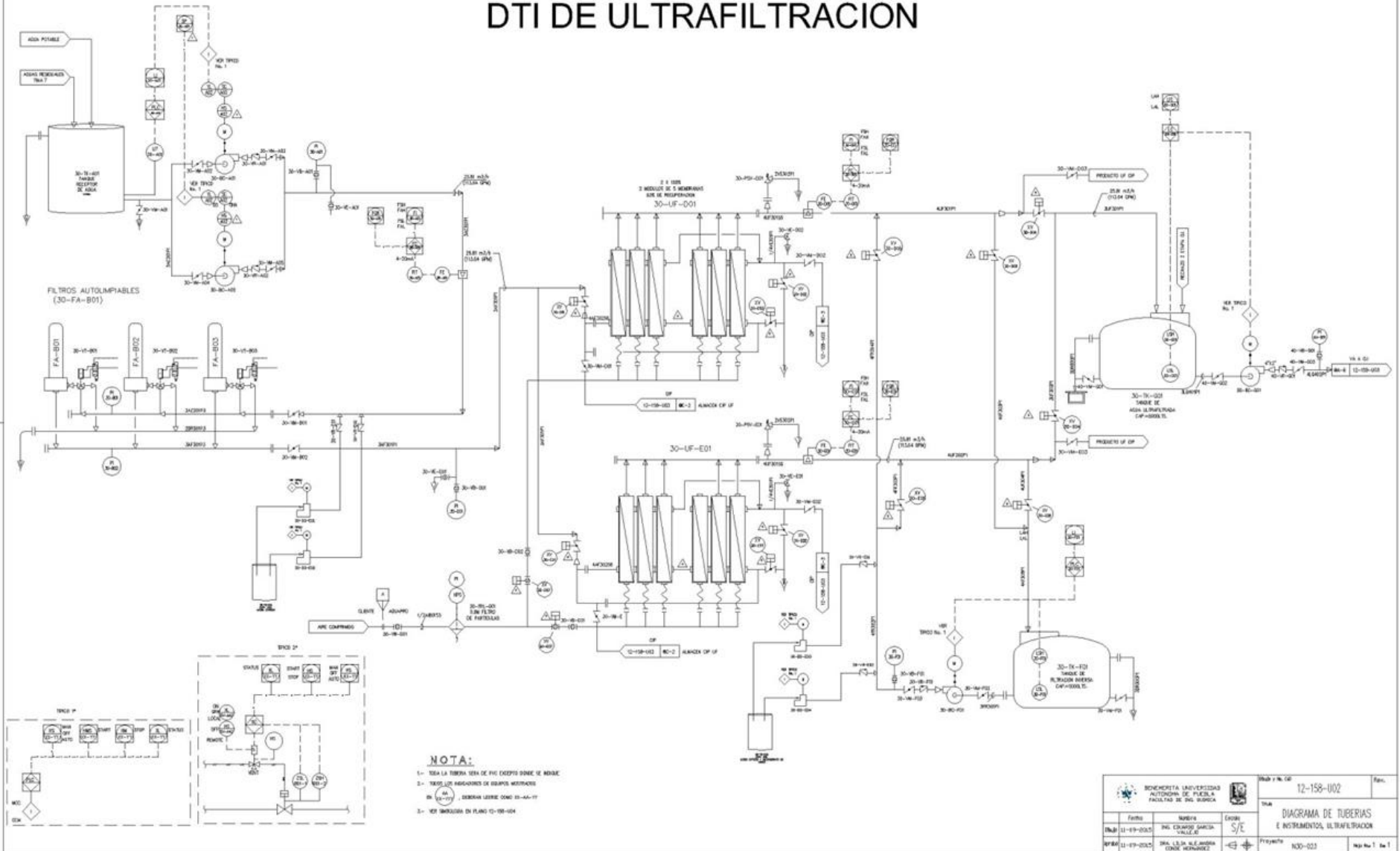
- OI = ÓSMOSIS INVERSA
- UF = ULTRAFILTRACION
- BT = BOMBA DE TRANSFERENCIA
- F = MEDIDOR DE FLUJO
- L = CONTROL DE NIVEL
- GP = LIMPIEZA IN SITU
- BAP = BOMBA DE ALTA PRESION
- P = TRANSDUCTOR DE PRESION
- PH = MEDIDOR DE PH
- G = MEDIDOR DE CONDUCTIVIDAD
- ΔP = MEDIDOR DE PRESION DIFERENCIAL
- BD = BOMBA DOSIFICADORA
- FG = FILTROS CARTUCHO
- T1 = TANQUE RECEPTOR DE AGUA
- T2 = TANQUE DE FILTRACION INVERSA
- T3 = TANQUE CIP/DECI
- T4 = TANQUE DE AGUA PURIFICADA
- TG-01 = TANQUE DE HIDROXIDO DE SODIO
- TG-02 = TANQUE DE ANTIORUSTANTE
- TG-03 = TANQUE DE METABOLITO DE SODIO
- TG-04 = TANQUE DE DEACIDO CITRICO
- TG-05 = TANQUE DE ACIDO CLORHIDRICO
- TG-06 = TANQUE DE ACIDO CITRICO Y BICARBONATO DE SODIO

NOMENCLATURA:

- PS = VALVULA CHECK
- B = BOMBA DOSIFICADORA
- F = FILTRO CARTUCHO
- VS = VALVULA DE SEDA
- LI = VALVULA DE IMPULSION
- BO = BOMBA DE TRANSFERENCIA
- VS = VALVULA SELENIOIDE
- N = VALVULA DE MARIPOSA CON ACTUADOR

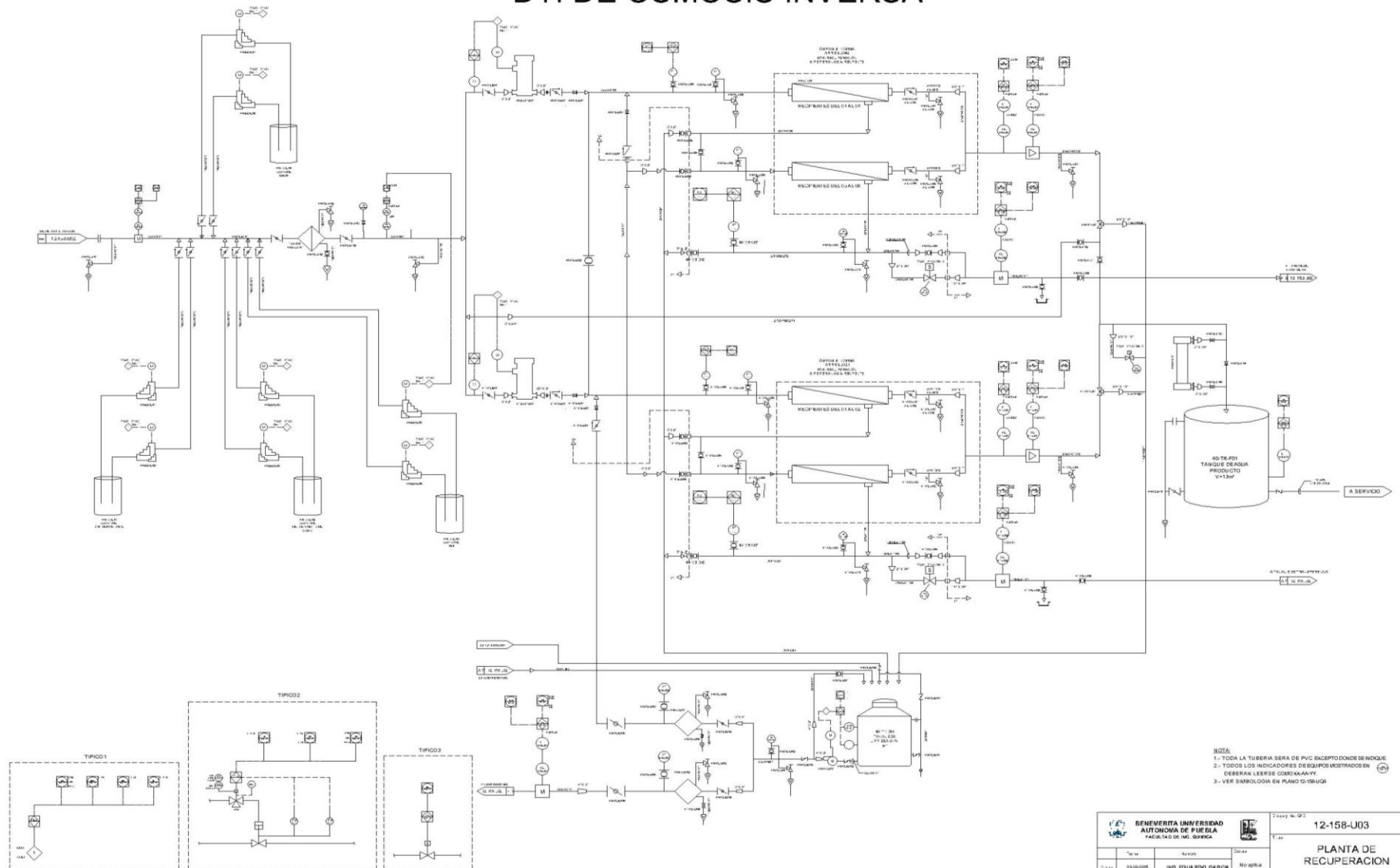
BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA FACULTAD DE INGENIERIA				12-158-U01
TITULO 2 x 1	ASIGNATURA 23-03-2015	PROFESOR ING. EDUARDO GARCIA TALAMON	SEMESTRE 5to	PLANTA DE RECUPERACION
FECHA 11-06-2015	ALUMNO ORA. LUIS ALEJANDRO CONDE HERNANDEZ	GRUPO N30-023	CALIFICACION 10.0	OBSERVACIONES

DTI DE ULTRAFILTRACION



			Mod. 1 No. 02 12-158-002	Rev.
BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA FACULTAD DE INGENIERÍA			TITULO DIAGRAMA DE TUBERIAS E INSTRUMENTOS ULTRAFILTRACION	
Fecha 12-17-2015	Nombre ING. CRISTÓBAL GARCÍA VILLALBA	Estado S/E	Proyecto NCO-023	
Autor 12-17-2015	Revisado 12-17-2015	Aprobado 12-17-2015	Hoja No. 1 de 1	

DTI DE OSMOSIS INVERSA



3.2 Balance de materia.

Se colecta en un tanque 30-TK-A01, 18 m³ de agua residual producto del lavado de carrocerías y se mezclan con 15.29 m³ de agua potable de la red con la finalidad de diluir el agua residual y así disminuir la concentración de contaminantes, posteriormente se introduce a un sistema de filtros automáticos de disco de 130 micras con dosificación de solución de ácido cítrico al 10 % con un gasto de 0.832 mL/seg. Los cuales van a retener partículas de tamaño superior a 130 micras. Después de cierto tiempo de filtración el sistema expulsa 0.2 % de sólidos mediante un retrolavado y este se activa cada vez que se tiene una diferencia de presión de 1 kg/cm², consumiendo un volumen de 0.058 m³/hr.

El agua producto de los filtros de disco automáticos (33.24 m³/hr) se alimenta a dos bancos de ultrafiltración, cada banco contiene 6 membranas INTEGRAPAC/IP77 y están conectados en paralelo los cuales retienen el 7 % de sólidos que son expulsados cada vez que se realiza una limpieza con químico mejorada (CEB) y que se lleva a cabo cada 180 min de servicio. En la limpieza con químico mejorada se introduce agua del tanque de filtración inversa 30-TK-F01 a los módulos de ultrafiltración, se realiza en varias secuencias que se muestran en la tabla 3.1. En esta limpieza CEB se dosifica una solución al 20 % de ácido cítrico, bicarbonato de sodio y agua en proporción (1:1:8) con un gasto de 58.30 mL/seg. Ocupando un volumen de 1.60 m³/hr. El agua producto de ultrafiltración 29.32 m³/h se almacena en el tanque 30-TK-G01.

Tabla 3.1 Descripción de posición de válvulas de la etapa de ultrafiltración para cada uno de los estados de operación.

Secuencia de retrolavado de membranas de ultrafiltración												
TAGS módulo1	TAGS módulo 2	acción	Filtración superior	Agitación con aire	Enjuague superior inicial	Retrolavado superior	Retrolavado inferior	CEB superior	CEB inferior	Remojo (solo CEB)	Enjuague final	Reposición de agua tanque retrolavado
Tiempo (segundos)			N. A.	60	30	30	60	30	30	180	60	Nivel
30-XV-D07	30-XV-E01	Alimentación inferior	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1

30-XV-D02	30-XV-E02	Drenado superior	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0
30-XV-D03	30-XV-E03	Drenado inferior	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
30-XV-D04	30-XV-E04	Permeado	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30-XV-D05	30-XV-E05	Retrolavado	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
30-XV-D06	30-XV-E06	Refill tanque de retrolavado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
30-XV-D07	30-XV-E07	Aire a membrana	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
30-BC-A01	30-BC-A01	Bombas de alimentación	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1
30-BC-F01	30-BC-F01	Bomba de retrolavado	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
30-BC-E02	30-BD-E02	Bomba dosificadora de acido	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0

Nota: 0= Válvula cerrada o bomba apagada y 1 = Válvula abierta o bomba en servicio.

El agua almacenada en el tanque 30-TK-G01 es la alimentación a los módulos de osmosis inversa pero se tiene dos recirculaciones una del 25 % del rechazo del banco 1 y la otra del 100 % del rechazo del banco 2. En el banco 1 de osmosis inversa se tiene una recuperación del 67 %, es decir se alimentan 35.89 m³/hr a una presión de alrededor de 220 psi y se obtiene un permeado de 24.04 m³/h y un rechazo de 11.85 m³/hr de los cuales el 25 % se recupera en tanque 30-TK-G01 y los 24.04 m³/hr se alimentan al segundo banco de osmosis inversa una presión de 220 psi obteniendo una recuperación de 85 %, es decir se obtiene un permeado de 20.43 m³/hr y un rechazo de 3.61 m³/hr los cuales regresan al tanque 30.TK-G01.

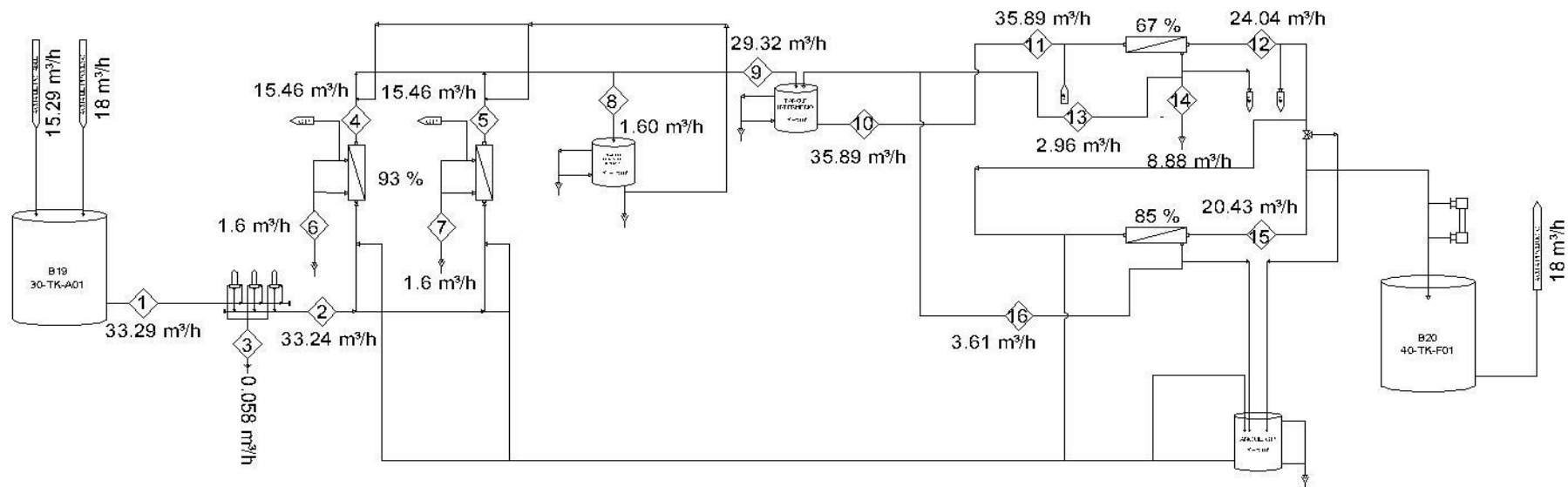
El permeado total de osmosis inversa (20.43 m³/hr) se introduce a un sistema de desinfección por medio de luz ultravioleta 40-UV-F01 para después almacenarse en el tanque 40-TK-F01 y quedar a disposición de ser enviada al proceso.

Para el proceso de filtración por osmosis inversa se requieren insumos químicos para su correcta operación tal es el caso de antincrustante al 20 % con un gasto de 1.66 mL/seg., metabisulfito en solución al 1 % con gasto de 0.78 mL/seg, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio al 50 % para ajustar el pH del agua de alimentación. El diagrama del balance de materia se muestra en el dibujo 12-158-UFOI.

BALANCE DE MATERIA

ULTRAFILTRACION

OSMOSIS INVERSA



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS AUTÓNOMO DE VENEZUELA				12-158-UF01
Proyecto	Fecha	Elaborado	Revisado	30.06.2023
12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01
12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01	12-158-UF01

4. ESTANDARIZACIÓN DE LA PLANTA DE RECUPERACIÓN

La planta de recuperación de agua de proceso del lavado por inmersión de las carrocerías de automóviles la integra un PLC (Central lógico programable), el cual es un dispositivo electrónico que está programado para alternar las secuencias del proceso y está compuesto por una pantalla de operación HMI (Interfaz máquina-hombre), la cual nos permite tener comunicación con la planta de recuperación. En la pantalla tenemos acceso a tres secciones de la operación como es alimentación, ultrafiltración y osmosis inversa.

a) Pantalla de alimentación

En la figura 4.1 se tiene el menú para la operación de las bombas de transferencia 30-BC-A01 y 30-BC-A02 además de monitorear el nivel del tanque receptor.

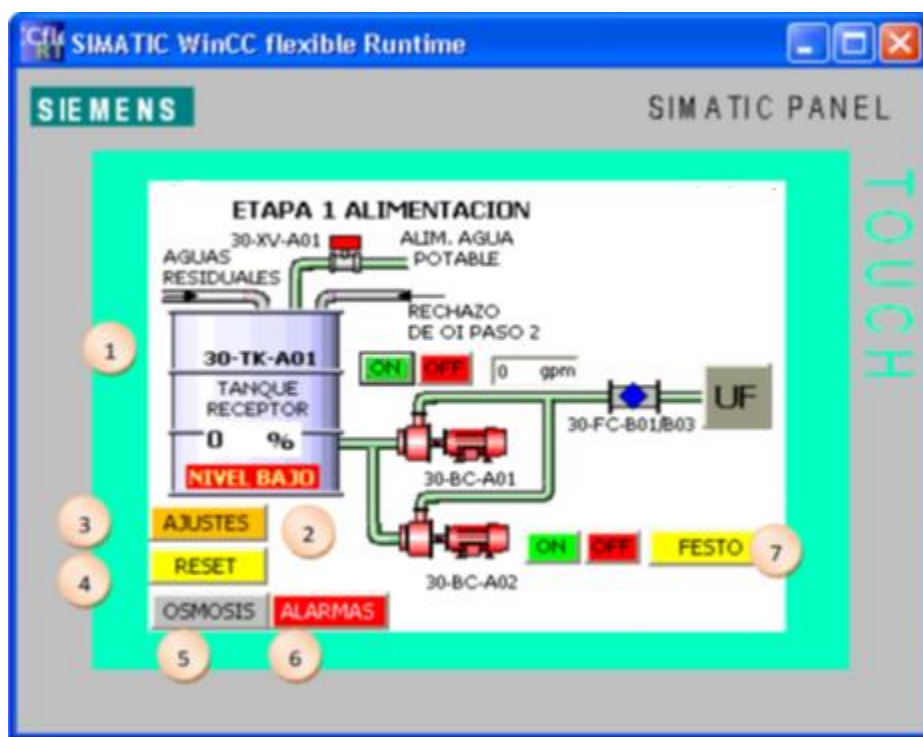


Figura 4.1 Pantalla de operación de la alimentación.

A continuación se describe la operación de cada uno de los elementos principales de la pantalla:

1. Tanque receptor 30-TK-A01. En este elemento se visualizara el nivel del tanque así como sus alarmas de alto o bajo nivel siempre y cuando estas estén activas. Las alarmas de alto y bajo nivel se registran también en el histórico de alarmas.
2. Bombas de transferencia 30-BC-A01/A02. Representación de la operación de las bombas que envían agua hacia la etapa de ultrafiltración. En modo manual estas bombas se pueden operar con los botones respectivos, así como también desde su pantalla de ajustes. En la pantalla de AJUSTES se podrá cambiar el modo (MANUAL/AUTOMÁTICO) de operación de las bombas. Una vez que se haya seleccionado el modo automático para la operación de estas bombas entonces desaparecerán los botones ON/OFF de esta pantalla y aparecerá parpadeando la etiqueta de AUTO.
3. Botón de AJUSTES. Botón de acceso a la pantalla de ajustes. Desde esta pantalla se pueden operar las bombas de transferencia así como la selección de su modo de operación. También se ajustaran los campos donde se establecerá el rango de operación y los límites para la generación de alarmas de alto y bajo nivel. De igual manera se pueden cambiar el modo de operación de la válvula de alimentación de agua potable al tanque 30-TK-01.
4. Botón RESET. Botón para reiniciar alarmas activas.
5. Botón OSMOSIS. Botón de acceso a la pantalla de operación de la etapa de osmosis.
6. Botón ALARMAS. Botón de acceso a la pantalla de histórico de alarmas.
7. Botón FESTO. Botón de acceso a la pantalla de los módulos activos de la ultrafiltración.

b) Pantalla etapa de ultrafiltración.

En la figura 4.2 podemos observar las diferentes válvulas que intervienen en este proceso.

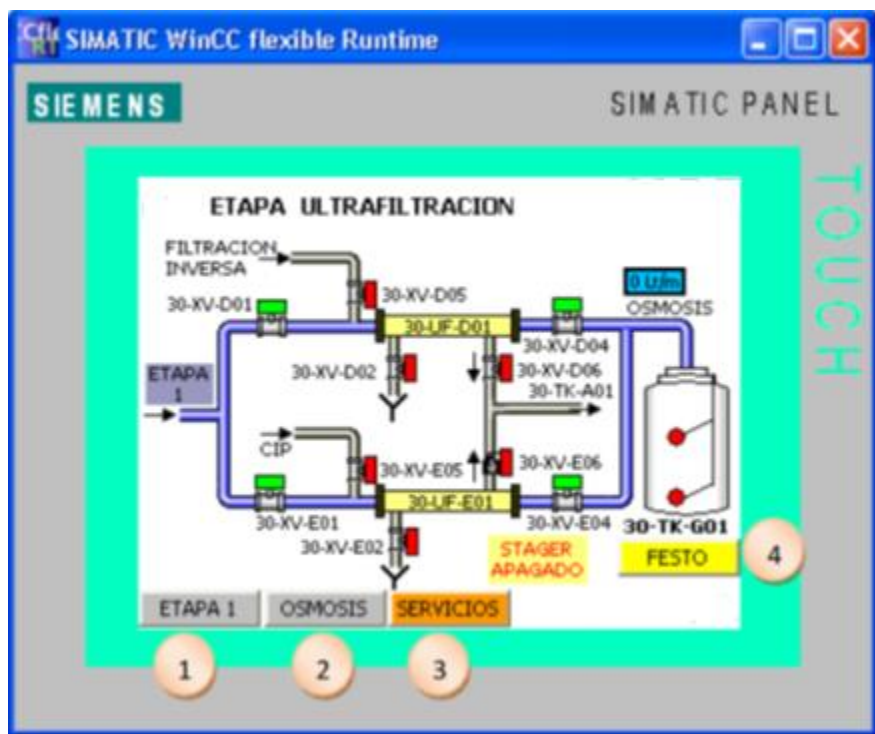


Figura 4.2 Pantalla de operación de ultrafiltración

Los elementos que conforman esta pantalla se explican a continuación:

1. ETAPA 1: Botón para el acceso a la pantalla etapa 1 o alimentación.
2. OSMOSIS: Botón de acceso a osmosis inversa.
3. SERVICIOS: Botón de acceso a la pantalla de servicios de la etapa de ultrafiltración.
4. FESTO: Botón de acceso a la pantalla de los módulos activos de ultrafiltración.

c) Pantalla de osmosis inversa

En la figura 4.3 tenemos la etapa de osmosis inversa la cual es alimentada con el agua proveniente de la etapa de ultrafiltración. A continuación se explica cada uno de los elementos que nos servirán para monitorear y controlar esta etapa.

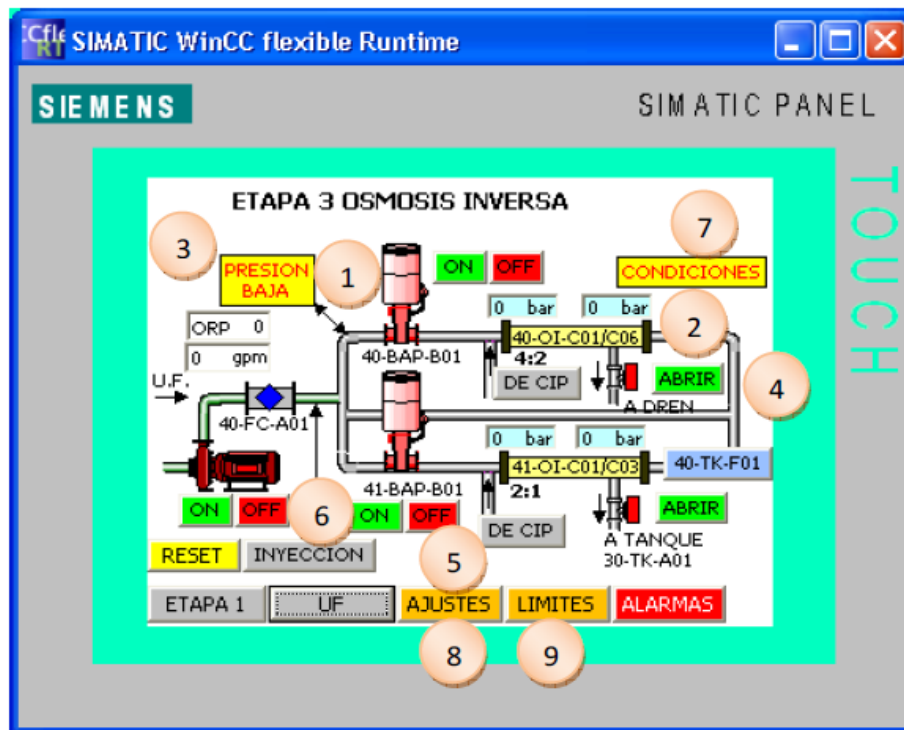


Figura 4.3 Pantalla de osmosis inversa

1. Bomba de Alta presión 40-BAP-B01 y 41-BAP-B01.
2. Bancos de Osmosis inversa 40-OI-C01/C06 y 40-OI-C01/C03. Como podemos observar cada uno de los bancos tiene asociada la lectura de presión de entrada y de rechazo.
3. Indicador de Alarma de baja presión. Este indicador cambiará a PRESION OK cuando la presión de entrada sea suficiente para el arranque de las bombas de alta presión.
4. Válvulas de barrido. Cumple con la función de barrer a las membranas de los sólidos retenidos durante la operación de osmosis inversa cada cierto periodo.
5. Limpiezas CIP. Acceso a la pantalla de operación CIP.
6. Selección de modo de bombas de inyección y acceso a la configuración de operación de estas bombas.
7. CONDICIONES. Este es un indicador de condiciones de operación. Cuando el indicador parpadea en rojo es un indicativo de que el proceso no arrancará en modo automático hasta que las condiciones de operación se cumplan.
8. AJUSTES. Botón de acceso a la pantalla de ajustes de esta etapa.

9. LIMITES. Botón de acceso a la pantalla para la configuración de los límites de operación.

4.1 Secuencia de puesta en marcha en modo automático.

1. Verificar si hay nivel en tanque colector en la pantalla del PLC en atapa 1 de alimentación.
2. Verificar que las válvulas manuales estén direccionadas hacia la alimentación de filtros automáticos de disco.
3. Las válvulas manuales deben estar direccionadas a equipo de ultrafiltración y estas hacia el tanque de transferencia (30-TK-G01)
4. Verificar que la bomba de dosificación de ácido cítrico 40-BD-E05 este en modo automático en pantalla osmosis inversa en el botón INYECCIÓN.
5. Verificar que el contenedor de solución de ácido cítrico 30-TQ-E02 tenga nivel superior al 10 %.
6. Verifica la bomba de dosificación de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-BD-E03 este en modo automático en la pantalla etapa de ultrafiltración en botón SERVICIOS y se abre otra ventana con nombre de servicios de ultrafiltración y oprimir el botón AJUSTES.
7. Verificar que el depósito de solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-TQ-E01 tenga un nivel superior al 10 %.
8. Ir a la pantalla etapa 1 de alimentación y poner en modo automático las bombas 30-BC-A01 / 30-BC-A02.
9. El agua producto de etapa de ultrafiltración se almacena en el tanque de transferencia (30-TK-G01) cuando alcance el nivel de 80 %, iniciara la secuencia el arranque de la etapa de osmosis inversa.
10. En la pantalla de osmosis inversa oprimir el botón AJUSTES y ahí aparecen las bombas y válvulas necesarias para el arranque.
11. Activar el modo automático de las bombas 30-BC-C01, 40-BAP-B01, 41-BAP-B01 y válvulas de rechazo 40-XV-C01 y 41-XV-C01.

12. En la pantalla de osmosis inversa oprimir el botón INYECCIÓN y poner en modo AUTOMATICO las bombas dosificadoras de antincrustante 40-BD-E01/02, metabisulfito de sodio 40-BD-E03/E04, ácido clorhídrico 30-BD-E05/E06 e hidróxido de sodio 40-BD-E07/E08.
13. Verificar el nivel en contenedores de insumos químicos antincrustante 40-TQ-E01, metabisulfito de sodio 40-TQ-E02, ácido clorhídrico 30-TQ-E03 e hidróxido de sodio 40-TQ-E03.
14. Ajustar las válvulas de globo de rechazo de ambos bancos 40-VB-C04/41-VB-C04.
15. Verifica el sistema de luz ultravioleta 40-UV-F01 este en servicio.
16. Cuando el tanque de 30-TK-G01 tenga un nivel del 80 % se pondrá en servicio la etapa siempre y cuando se tenga bajo nivel en el tanque de agua permeada 40-TK-F01 (30%).
17. En caso de tener alto nivel en el tanque de agua permeada 40-TK-F01 esperar a que se detecte bajo nivel.
18. Se pone fuera de servicio la planta por alto nivel en el tanque 40-TK-F01.
19. Se pone fuera de servicio el equipo de osmosis inversa por bajo nivel en el tanque de transferencia 30-TK-G01.

4.2 Retrolavado en modo automático de ultrafiltración.

1. Al activar en modo automático los equipos de ultrafiltración, poner un módulo de ultrafiltración en reposo y el otro modulo en servicio y desfasarlos 30 minutos.
2. Al cumplir 30 minutos de servicio activar el modulo que estaba en reposo.
3. Dejar transcurrir 180 min de servicio del primer módulo de ultrafiltración y esperar a que termine la secuencia de retrolavado
4. Filtración superior: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de permeado 30-XV-E04 y la bomba de alimentación 30-BC-A01 sigue trabajando ya que el proceso de retrolavado sólo se llevará a cabo en un solo banco.
5. Agitación con aire: se abre la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 así como la válvula 30-XV-E02 que corresponde al drenado superior. Se deberá considerar un

retardo de al menos 5 segundos entre cambio de secuencia, principalmente en la secuencia inicial de aireación a membranas, es decir, la válvula de aire 30-XV-D07 o 30-XV-E07, se abrirá al menos 5 segundos después de la apertura de la válvula de drenado superior. Esto con el fin de evitar golpes de ariete en las membranas.

6. Enjuague superior inicial: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30- XV-E02 se abre al igual que la válvula de permeado 30-XV-E01.
7. Retrolavado superior: se abre la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de retrolavado 30-XV-E05, permanecen abiertas las válvulas de permeado 30-XV-E04 y la válvula de drenado superior 30-XV-E02.
8. Retrolavado inferior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, y se abre la válvula de drenado inferior 30-XV-E03.
9. CEB Superior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, se abre la válvula de drenado superior 30-XV-E02, y se cierra la válvula de drenado inferior 30-XV-E03. Se enciende la bomba dosificadora de ácido cítrico y carbonato de sodio 30-BD-E01 para realizar el retrolavado mejorado químicamente.
10. CEB inferior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, se cierra la válvula de drenado superior 30-XV-E02, y se abre la válvula de drenado inferior 30-XV-E03. Permanece prendida la bomba dosificadora 30-BD-E01.
11. Remojo (solo CEB): Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de permeado 30-XV-E04, y se cierra la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de drenado Inferior 30-XV-E03. Se apaga la bomba dosificadora de solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-BD-E01.

12. Enjuague Final: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30- XV-E02 se abre, y la válvula de permeado 30-XV-E04 permanece abierta.
13. Reposición de agua a tanque de retrolavado: Permanece cerrada la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30-XV-E02 se cierra, la válvula de permeado 30-XV-E04 permanece abierta y se abre la válvula de alimentación al tanque de tanque retrolavado 30-XV-E06.
14. Después de 30 minutos de haber iniciado su retrolavado el primer módulo se activa la secuencia de retrolavado para el siguiente módulo de ultrafiltración.

4.3 Poner en servicio en modo manual:

1. Verificar si hay nivel en el tanque colector en la pantalla del PLC de alimentación.
2. Verificar que las válvulas manuales estén direccionadas hacia la alimentación de filtros automáticos de disco.
3. Las válvulas manuales deben estar direccionadas a equipo de ultrafiltración y estas hacia el tanque de transferencia (30-TK-G01)
4. Activar en modo manual la bomba de dosificación de ácido cítrico 40-BD-E05 en pantalla osmosis inversa en el botón INYECCIÓN.
5. Verificar que el contenedor de solución de ácido cítrico 30-TQ-E02 tenga nivel superior al 10 %.
6. Activar en modo manual la bomba de dosificación de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-BD-E03 en la pantalla etapa de ultrafiltración en botón SERVICIOS y se abre otra ventana con nombre de servicios de ultrafiltración y oprimir el botón AJUSTES.
7. Verificar que el depósito de solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-TQ-E01 tenga un nivel superior al 10 %.
8. Ir a la pantalla etapa 1 de alimentación y poner en servicio una de las dos bombas 30-BC-A01 o 30-BC-A02 en modo manual.

9. El agua producto de etapa de ultrafiltración se almacena en el tanque de transferencia (30-TK-G01) cuando alcance el nivel de 80 %, se tienen las condiciones para que arranque la etapa de osmosis inversa.
10. En pantalla osmosis inversa oprimir en botón AJUSTES y ahí activar en modo manual las bombas, válvulas y poder llevar acabo el arranque desde la pantalla osmosis inversa.
11. Abrir válvulas de rechazo 40-XV-C01 Y 41-XV-C01.
12. Direcccionar las válvulas manuales con sentido de flujo hacia tanque de almacenamiento de agua permeada 40-TK-F01 y lámparas de luz ultravioleta en servicio 40-UV-F01.
13. Pongo en servicio la bomba en modo manual bomba 30-BC-C01.
14. Ir a la pantalla osmosis inversa y oprimir el botón AJUSTES activar en modo manual una de las bombas dosificadoras de antincrustante 40-BD-E01/02.
15. En la pantalla de ajustes activar en modo manual, activar la bomba dosificadora de metabisulfito de sodio 40-BD-E03.
16. Manipular desde la pantalla de ajustes en modo manual las bombas dosificadoras de ácido clorhídrico 30-BD-E01 e hidróxido de sodio 40-BD-E06 según sea la demanda del proceso manteniendo un pH de 6.5 a 7 unidades de pH en el agua de alimentación a los módulos de osmosis inversa.
17. Activar en modo manual la bomba de alta presión del banco 1 de osmosis inversa 40-BAP-B01 después de 10 segundos cerrar la válvula de rechazo 40-XV-C01.
18. 10 segundos después de estar en servicio el banco 1 activar en modo manual la bomba de alta presión del banco 2 de osmosis inversa 41-BAP-B01 y 10 segundos después cerrar la válvula de rechazo 41-XV-C01.

4.4 Poner fuera de servicio la planta en modo manual

1. Para poner fuera de servicio la planta se procede a poner fuera de servicio la bomba de alta presión 2 de osmosis inversa, después de 10 segundos abrir la válvula de rechazo del mismo banco 41-XV-C01, después de 10 segundos poner fuera de

servicio la bomba de alta presión del banco 1 de osmosis inversa 40-BAP-B01 y al transcurrir 10 segundos abrir la válvula de rechazo del mismo banco 40-XV-C01.

2. En el botón AJUSTES poner fuera de servicio las bombas de dosificación de antincrustante 40-BD-E01/02, de metabisulfito de sodio 40-BD-E03, ácido clorhídrico 30-BD-E01 e hidróxido de sodio 40-BD-E06.
3. Poner fuera de servicio la bomba del tanque de transferencia 30-BC-C01.
4. En la pantalla de etapa 1 de alimentación poner fuera de servicio la bomba 30-BC-A01 o 30-BC-A02 según sea el caso.
5. En la pantalla de osmosis inversa ir a AJUSTES y poner fuera de servicio la bomba de dosificación de ácido cítrico 40-BD-E05.

4.5 Retrolavado en modo manual de módulos de ultrafiltración

1. Revisar que el nivel del tanque receptor 30-TK-A01 sea de al menos el 80 %.
2. Tener nivel máximo en el tanque de filtración inversa 30-TK-C01
3. La bomba de filtración inversa 30-BC-F01 debe seleccionarse en automático.
4. Ir a la pantalla etapa de ultrafiltración y oprimir el botón FESTO y ahí desactivar un módulo para indicarle que solo se realice en un banco y activar en modo manual.
5. Filtración superior: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de permeado 30-XV-E04 y la bomba de alimentación 30-BC-A01 sigue trabajando ya que el proceso de retrolavado sólo se llevará a cabo en un solo banco.
6. Agitación con aire: se abre la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 así como la válvula 30-XV-E02 que corresponde al drenado superior. Se deberá considerar un retardo de al menos 5 segundos entre cambio de secuencia, principalmente en la secuencia inicial de aireación a membranas, es decir, la válvula de aire 30-XV-D07 o 30-XV-E07, se abrirá al menos 5 segundos después de la apertura de la válvula de drenado superior. Esto con el fin de evitar golpes de ariete en las membranas.
7. Enjuague superior inicial: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30- XV-E02 se abre al igual que la válvula de permeado 30-XV-E01.

8. Retrolavado superior: se abre la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de retrolavado 30-XV-E05, permanecen abiertas las válvulas de permeado 30-XV-E04 y la válvula de drenado superior 30-XV-E02.
9. Retrolavado inferior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, y se abre la válvula de drenado inferior 30-XV-E03.
10. CEB Superior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, se abre la válvula de drenado superior 30-XV-E02, y se cierra la válvula de drenado inferior 30-XV-E03. Se enciende la bomba dosificadora de ácido cítrico y carbonato de sodio 30-BD-E01 para realizar el retrolavado mejorado químicamente.
11. CEB inferior: Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01, la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de permeado 30-XV-E04, se cierra la válvula de drenado superior 30-XV-E02, y se abre la válvula de drenado inferior 30-XV-E03. Permanece prendida la bomba dosificadora 30-BD-E01.
12. Remojo (solo CEB): Permanecen abiertas las válvulas de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de permeado 30-XV-E04, y se cierra la válvula de retrolavado 30-XV-E05 y la válvula de drenado Inferior 30-XV-E03. Se apaga la bomba dosificadora de solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio 30-BD-E01.
13. Enjuague Final: Se cierra la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30- XV-E02 se abre, y la válvula de permeado 30-XV-E04 permanece abierta.
14. Reposición de agua a tanque de retrolavado: Permanece cerrada la válvula de alimentación inferior 30-XV-E01 y la válvula de drenado superior 30-XV-E02 se cierra, la válvula de permeado 30-XV-E04 permanece abierta y se abre la válvula de alimentación al tanque de tanque retrolavado 30-XV-E06.

4.6 Suministro de productos químicos

Cuando la planta está en servicio requiere de insumos químicos para su correcto funcionamiento como una solución antincrustante para evitar que las sales se adhieran a la

pared de las membranas, ácido clorhídrico e hidróxido de sodio para regular el pH del agua de alimentación a los módulos de osmosis inversa, metabisulfito de sodio como medio de protección de las membranas ya que la presencia de cloro produce daño a las mismas, ácido cítrico en la alimentación en los filtros automáticos de disco para que el fosfato presente en el agua permanezca en estado coloidal y evitar se incruste en la pared de los discos de dicho filtro y la solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio para suministro de los retrolavados de los módulos de ultrafiltración y recuperar su permeabilidad. En la tabla 3.1 se muestra el gasto así como la concentración de los productos químicos.

Tabla 4.1. Suministro de productos químicos.

Insumos químicos			
	Gasto (mL/seg)	Concentración %	Tipo
Antincrustante	1.66	20	VTS-4000
Ácido clorhídrico	4.44	37	---
Hidróxido de sodio	0.78	50	---
Ácido cítrico	0.82	10	---
Metabisulfito de sodio	5.5	1	---
Ácido cítrico y bicarbonato de sodio 1:1	58.80	20	---

4.7.- Mantenimiento al equipo de Osmosis Inversa

1. Objetivo: Estandarizar el procedimiento de limpieza del sistema Osmosis Inversa.
2. Alcance: Sistema de Osmosis Inversa 40-OI-CO1, Tanque de Limpieza CIP; 40-TK-D01, Bomba de limpieza; 40-BC-D01.
3. Equipo y Herramientas: Equipo de protección personal (guantes de nitrilo, traje antiácido, botas, mascarillas de carbón activado, careta facial).
4. Equipo de medición de pH.

5. Reactivos químicos empleados con cantidades según el estado de ensuciamiento de membranas.
 - a) Ácido clorhídrico al 37%
 - b) Hidróxido de sodio al 50%
 - c) Ácido cítrico al 98% (granulado)
6. Tipo de limpieza. La limpieza se debe realizar cuando la presión transmembrana aumente un 15 a 20 % y existen 3 tipos de lavado para este equipo en particular y su aplicación depende de los parámetros observados en el desempeño del equipo de osmosis inversa o por frecuencias establecidas basadas en la experiencia de operación del equipo en particular. A continuación se describen los tipos de limpieza y cuando aplicarlos.
 - a) Limpieza alcalina. (Hidróxido de sodio): Se realiza cada semana y se utiliza normalmente para limpiar membranas colmatadas con materia orgánica. Su función es doble, hidrolizan y solubilizan. Libera iones hidróxido. Por su alta alcalinidad hidrolizan rápidamente materia orgánica como proteínas y polisacáridos. La estructura terciaria de las proteínas es destruida y reducida a péptidos de menor tamaño.
 - b) Limpieza acida fuerte (ácido clorhídrico): Se realiza cada semana y se utiliza principalmente para disolver precipitados de sales inorgánicas o películas de óxido. También tienen la propiedad de hidrolizar proteínas y polisacáridos.
 - c) Limpieza acida débil (ácido cítrico). Se realiza cada semana y elimina depósitos minerales y previenen su re-depositación al formar complejos en suspensión. Si existe la presencia de cationes divalentes como el calcio y materia orgánica, el efecto de puente salino puede causar un tipo de colmatación más densa y adhesiva. cuando la superficie de la membrana esta colmatada con óxidos de hierro esta limpieza es muy efectiva porque no solamente disuelve los precipitados de óxido, sino que también puede formar complejos con el hierro.

4.8 Limpieza alcalina

1. Verificar de conexiones hidráulicas para CIP.
2. Llenar al 80 % del tanque CIP con agua permeada.
3. Succionar del tanque CIP con bomba CIP y permitir que opere hasta lograr un drenado de 1/2 partes del tanque CIP.
4. Orientar la línea hidráulica del rechazo hacia el tanque CIP y operar la bomba para establecer la recirculación del sistema CIP.
5. Con el sistema CIP en recirculación inicie la preparación de solución alcalina agregando lentamente hidróxido de sodio, hasta encontrar un pH no mayor a 12 unidades.
6. Continuar la recirculación y el monitoreo del pH hasta obtener una mezcla uniforme.
7. Recircular la solución alcalina 60 min.
8. Tiempo de contacto estático o remojo 30 min.
9. Drenar la solución remanente en tanque CIP.
10. Desviar de la línea hidráulica de rechazo a drenaje y mantener el dren de tanque CIP abierto.
11. Enjuagar la maquina con arranque en ciclo de flusheo hasta obtener pH neutro en línea de rechazo y de 8 a 7 unidades en línea de permeado.
12. Cerrar la válvula de drenado de tanque CIP y permitir llenado al 80%.

4.9 - Limpieza acida fuerte.

1. Succionar del tanque CIP con bomba CIP y permitir que opere hasta lograr un drenado de 1/2 partes del tanque CIP.
2. Orientar la línea hidráulica del rechazo hacia tanque CIP y operar la bomba para establecer recirculación del sistema CIP.
3. Con el sistema CIP en recirculación iniciar la preparación de solución acida fuerte agregando lentamente ácido clorhídrico, hasta encontrar un pH no menor a 2 unidades.

4. Continuar la recirculación y monitoreo del pH, en esta fase es probable que se observe un incremento en pH como resultado de la solubilidad de sales de ensuciamiento, por lo que se deberá ajustar si es necesario para mantener entre 2 y 3 unidades.
5. Recircular la solución acida 60 min.
6. Tiempo de contacto estático o remojo. 30 min.
7. Drenar la solución remanente del tanque CIP.
8. Desviar la línea hidráulica de rechazo a drenaje y mantener dren de tanque CIP abierto.
9. Enjuagar la maquina con arranque en ciclo de flusheo hasta obtener pH Neutro en línea de rechazo y de 5 a 6 unidades en línea de permeado.
10. Cerrar la válvula de drenado de tanque CIP y permitir llenado al 80 %

4.10 Limpieza acida débil

1. Succionar del tanque CIP con bomba CIP y permitir que opere hasta lograr un drenado de 1/2 partes del tanque CIP.
2. Orientar la línea hidráulica del rechazo hacia tanque CIP y operar la bomba para establecer recirculación del sistema CIP.
3. Preparación de solución para limpieza acida, agregando lentamente el ácido cítrico en polvo hasta obtener un pH cercano a 2 unidades.
4. Recircular en tanque CIP y monitoreo del pH.
5. Recircular la solución acida débil 60 min.
6. Tiempo de contacto estático o remojo. 39 min.
7. Drenar la solución remanente en tanque CIP.
8. Desviar la línea hidráulica de rechazo a drenaje y mantener dren de tanque CIP abierto.
9. Enjuagar la maquina con arranque en ciclo de flusheo hasta obtener pH neutro en línea de rechazo y de 5 a 6 unidades en línea de permeado.
10. Cerrar la válvula de drenado de tanque CIP y permitir llenado al 80%.

Notas Generales:

- Las presiones de limpieza deben mantenerse por debajo de 50 psi.
- En caso de ensuciamiento excesivo los ciclos de limpieza podrán extenderse al doble de tiempo en recirculación, siempre intercalando un tiempo de reposo también del doble.

4.11 Limpieza al equipo de Ultrafiltración

1. Objetivo: Proporcionar al personal operativo, una guía completa para llevar a cabo la limpieza del sistema de UF, asegurando siempre la efectividad de la limpieza.
2. Alcance: Sistema de ultrafiltración tanques de sistema CIP, bomba de limpieza.
3. Equipo y Herramientas: Equipo de protección personal (guantes de nitrilo, traje antiácidos, botas, mascarillas de carbón activado, careta facial).
4. Equipo de medición de pH. (Recién Calibrado)
5. Reactivos Químicos a Emplearse.
 - Ácido clorhídrico al 30%.
 - Ácido cítrico (polvo).
 - Bicarbonato de sodio (polvo).
 - Hipoclorito de sodio.
 - Hidróxido de sodio

4.11.1 Tipo de limpieza

Antes de iniciar la limpieza CIP se recomienda realizar un enjuague a cada banco con el objetivo de hacer más eficiente la limpieza.

La limpieza se debe realizar cuando la presión transmembrana aumente un 20 % y existen 3 tipos de lavado para este equipo en particular y su aplicación depende de los parámetros observados en el desempeño del equipo de Ultrafiltración o por frecuencias establecidas basadas en la experiencia de operación del equipo en particular. A continuación se describen los tipos de limpieza y cuando aplicarlos.

- a) Limpieza alcalina. (Hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio). Esta limpieza es utilizada como mantenimiento preventivo y se realiza cada semana, elimina bacterias y material orgánica presente en la superficie de la membrana al adicionarle hidróxido de sodio previene la oxidación de la membrana.
- b) Limpieza acida fuerte (ácido clorhídrico). Esta limpieza es utilizada como mantenimiento preventivo se realiza cada semana, y se utiliza principalmente para disolver precipitados de sales inorgánicas o películas de óxido. También tienen la propiedad de hidrolizar proteínas y polisacáridos.
- c) Limpieza acida débil (ácido cítrico y bicarbonato de sodio). Se realiza cada semana o cuando el flujo del producto del equipo de ultrafiltración ha disminuido más de un 30 %, su objetivo es la eliminación de fosfatos.

4.12 Limpieza alcalina

1. El tanque CIP. Debe estar con un volumen de 80 % de su capacidad con agua permeada de la RO, posteriormente se manipulan las válvulas de tal manera que la solución del tanque CIP recircule.
2. Una vez que el arreglo CIP este en modo recirculación local y con la bomba de CIP encendida, se comenzara la adición de hipoclorito de sodio líquido.
3. Agregaran 4 lt de hipoclorito de sodio, ajustando el pH mayor a 11 y menor a 12 unidades con hidróxido de sodio.
4. Teniendo la certeza de que la solución está recirculando, entonces proceder a encender la resistencia de calentamiento de agua, teniendo cuidado al no sobrepasar la velocidad de calentamiento de 1 °C/min, hasta llegar a los 35 °C y tomar tiempo. Es decir al alcanzar este valor comenzara nuestro tiempo efectivo de recirculación.
5. Durante la recirculación se debe monitorear la temperatura, si excede los 40 °C se procede a parar la recirculación hasta bajar la temperatura.
6. Posteriormente se procederá a abrir la válvula de permeado, obteniendo un balance entre el rechazo y el permeado de 50% y 50%, es decir, si se alimentan 50 GPM, al UF, se regularan las válvulas para permear 25 GPM y rechazar 25 GPM. De igual manera con una duración de 150 min. A una temperatura de 35 °C.

7. Una vez terminado los 150 minutos de recirculación, se procederá a dejar en remojo la unidad por un periodo de 30 min.
8. Drenado de soluciones de limpieza. Para el enjuague de membranas, será necesario realizar los siguientes pasos, sin saltarse alguno.
 - a. Drenar la solución del tanque CIP. (Mediante la Válvula de Purga).
 - b. Llenado de tanque CIP con agua permeada o agua de la red al 80 %.
 - c. Calentar el agua hasta 3°C menos que el último registro, es decir si el último registro fue de 38°C, entonces el agua de enjuague deberá calentarse hasta 35°C.
 - d. Una vez alcanzada la temperatura de enjuague entonces se procederá a enjuagar únicamente del lado de alimentación-rechazo, es decir con la válvula de permeado cerrada.
 - e. Una vez vaciado el tanque CIP, se procederá nuevamente a rellenar el tanque CIP con agua permeada de osmosis o de la red y calentar el agua hasta homologar la temperatura dentro de las membranas con el agua de CIP.
 - f. Posteriormente se enjuagara por el lado de alimentación-permeado vertiéndola hacia el dren con objeto de enjuagar la tubería.
 - g. Una vez consumido el tanque CIP, se procederá nuevamente a llenar el tanque CIP, con agua permeada de RO o de la red.

Repetir los pasos anteriores, una vez más. Es decir, enjuagar 4 veces el lado de alimentación-rechazo y 4 veces el lado de alimentación-permeado o hasta neutralizar, esto con la finalidad de garantizar que no existan remanentes de cloro en el permeado del UF y que puedan afectar a la RO.

4.13 Limpieza acida fuerte

1. El tanque CIP. Debe estar con un volumen de 80 % de su capacidad con agua permeada de la RO o agua de la red, posteriormente se inicia la recirculación local,

es decir, de la bomba de regreso al tanque, esto con la finalidad de homogeneizar el ácido clorhídrico.

2. Una vez que el arreglo CIP este en modo recirculación Local y con la bomba de CIP en servicio, se comenzara la adición de ácido clorhídrico, se dosificará poco a poco y al mismo tiempo se ira midiendo el pH, evitando bajar de 2 unidades.
3. Teniendo la certeza de que la solución está recirculando, entonces se procederá a encender la resistencia de calentamiento de agua, teniendo cuidado al no sobrepasar la velocidad de calentamiento de 1 °C/min. Hasta llegar a los 35 °C. y tomar tiempo. Es decir al alcanzar este valor comenzara nuestro tiempo efectivo de recirculación.
4. Durante la recirculación se debe monitorear la temperatura, si excede los 40 °C se procede a parar la recirculación hasta bajar la temperatura.
5. Posteriormente se procederá a abrir la válvula de permeado, obteniendo un balance entre el rechazo y el permeado de 50% y 50%, es decir, si se alimentan 50 GPM, al UF, se regularan las válvulas para permear 25 GPM y rechazar 25 GPM. De igual manera con una duración de 150 min. A una temperatura de 35 °C.
6. Una vez alcanzado un pH no menor a 2. Con la bomba de limpieza recirculando la solución en las membranas, se abrirá lentamente la válvula de alimentación a UF para comenzar a recircular en el sistema U F y para asegurar el flujo de solución de limpieza, se deberá cerrar la válvula de recirculación local en CIP. Tiempo de recirculación 120 segundos.
7. Posteriormente se procederá a abrir la válvula de permeado, obteniendo un balance entre el rechazo y el permeado de 50% y 50%. De igual manera con una duración de 120 min.
8. Una vez terminado los 120 minutos de recirculación, se procederá a dejar en remojo la unidad por un periodo de 30 min.
9. Drenado de soluciones de limpieza. Para el enjuague de membranas, será necesario realizar los siguientes pasos, sin saltarse alguno.
 - a. Drenar la solución del tanque CIP. (Mediante la válvula de purga).
 - b. Llenar el tanque CIP con agua permeada o agua de la red al 80 %.

- c. Calentar el agua hasta 3°C menos que el último registro, es decir si el último registro fue de 38°C, entonces el agua de enjuague deberá calentarse hasta 35°C.
- d. Una vez alcanzada la temperatura de enjuague entonces se procederá a enjuagar únicamente del lado de alimentación-rechazo, es decir con la válvula de permeado cerrada.
- e. Una vez vaciado el tanque CIP, se procederá nuevamente a rellenar el tanque CIP con agua permeada de osmosis o de la red y calentar el agua hasta homologar la temperatura dentro de las membranas con el agua de CIP.
- f. Posteriormente se enjuagara por el lado de alimentación-permeado vertiéndola hacia el dren con objeto de enjuagar la tubería.
- g. Una vez consumido el tanque CIP, se procederá nuevamente a llenar el tanque CIP, con agua permeada de RO o de la red.

Repetir los pasos anteriores, una vez más. Es decir, enjuagar 2 veces el lado de alimentación-rechazo y 2 veces el lado de alimentación-permeado o hasta neutralizar, esto con la finalidad de garantizar que no existan remanentes de cloro en el permeado del UF y que puedan afectar a la RO.

4.14 Limpieza de fosfatos.

1. El tanque CIP. Debe estar con un volumen de 80 % de su capacidad con agua permeada de la RO o agua de la red, posteriormente se inicia la recirculación local, es decir, de la bomba de regreso al tanque, esto con la finalidad de disolver los productos de limpieza, ya que son en presentación polvo.
2. Una vez que el arreglo CIP este en modo recirculación local y con la bomba de CIP encendida, se comenzara la adición primeramente del bicarbonato de sodio, posteriormente el ácido cítrico, como sigue:
3. Se preparara una solución al 5% de bicarbonato de sodio, esto quiere decir que por cada 1000 lt. de agua, se agregaran 50 kg de bicarbonato de sodio. Teniendo el cuidado de agregarlo lentamente debido a la reacción con el agua.

4. Una vez que se haya disuelto completamente el carbonato de sodio, se procederá a agregar el ácido cítrico, de igual manera a una concentración del 5%. Este producto se deberá agregar muy lentamente, en porciones de 2 o máximo 3 kg aproximadamente, de lo contrario puede provocar efervescencia.
5. Teniendo la certeza de que la solución está recirculando, entonces se procederá a encender la resistencia de calentamiento de agua, teniendo cuidado al no sobrepasar la velocidad de calentamiento de 1 °C/min. Hasta llegar a los 35 °C. y tomar tiempo. Es decir al alcanzar este valor comenzara nuestro tiempo efectivo de recirculación.
6. Durante la recirculación se debe monitorear la temperatura, si excede los 40 °C se procede a parar la recirculación hasta bajar la temperatura.
7. Posteriormente se procederá a abrir la válvula de permeado, obteniendo un balance entre el rechazo y el permeado de 50% y 50%, es decir, si se alimentan 50 GPM, al UF, se regularan las válvulas para permear 25 GPM y rechazar 25 GPM. De igual manera con una duración de 150 min. A una temperatura de 35 °C.
8. Una vez terminado de disolver ambos reactivos químicos, se alimentaran al U F, y para asegurar el flujo de solución de limpieza, se deberá cerrar la válvula de recirculación local en CIP. Tiempo de recirculación 120 segundos.
9. Posteriormente se procederá a abrir la válvula de permeado, obteniendo un balance entre el rechazo y el permeado de 50% y 50%, es decir, si se alimentan 50 GPM, al UF, se regularan las válvulas para permear 25 GPM y rechazar 25 GPM. De igual manera con una duración de 120 min.
10. Una vez terminado los 120 minutos de recirculación, se procederá a dejar en remojo la unidad por un periodo de 30 min.
11. Drenado de soluciones de limpieza. Para el enjuague de membranas, será necesario realizar los siguientes pasos, sin saltarse alguno.
 - a. Drenar la solución del tanque CIP. (Mediante la Válvula de Purga).
 - b. Llenar de tanque CIP con agua permeada o agua de la red al 80 %.
 - c. Calentar el agua hasta 3°C menos que el último registro, es decir si el último registro fue de 38°C, entonces el agua de enjuague deberá calentarse hasta 35°C.

- d. Una vez alcanzada la temperatura de enjuague entonces se procederá a enjuagar únicamente del lado de alimentación-rechazo, es decir con la válvula de permeado cerrada.
- e. Una vez vaciado el tanque CIP, se procederá nuevamente a rellenar el tanque CIP con agua permeada de osmosis o de la red y calentar el agua hasta homologar la temperatura dentro de las membranas con el agua de CIP.
- f. Posteriormente se enjuagara por el lado de alimentación-permeado vertiéndola hacia el dren con objeto de enjuagar la tubería.
- g. Una vez consumido el tanque CIP, se procederá nuevamente a llenar el tanque CIP, con agua permeada de RO o de la red.

Repetir los pasos anteriores, una vez más. Es decir, enjuagar 4 veces el lado de rechazo y 4 veces el lado de permeado o hasta neutralizar, esto con la finalidad de garantizar que no existan remanentes de cloro en el permeado del UF y que puedan afectar a la RO.

La limpieza al equipo de ultrafiltración se realiza por módulos, es decir la secuencia descrita en 4.12, 4.13 y 4.14 se debe llevar a cabo para cada unidad. Y antes de poner en servicio el equipo deben estar limpios los filtros de disco.

5.- ANÁLISIS Y RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la operación de la planta de recuperación del lavado por inmersión de carrocerías de autos, se monitoreo el comportamiento de dicha planta durante una semana con la operación estandarizada.

5.1 Bombas de alimentación

Debido a la presencia de sales de fosfato altamente incrustantes, será necesario realizar la inspección del impulsor de las bombas, ya que esta puede presentar incrustación en el impulsor, haciendo que la bomba pierda su eficiencia ocasionando que envíe menos agua al tren de filtros automáticos de disco y por ende al sistema de ultrafiltración. Actualmente las bombas de alimentación a ultrafiltración (30-BC-A01/A02) son dos una en servicio y la otra en reserva, la capacidad unitaria de estas bombas es 33.58 m³/hr a 5 bar (72.52 psi), no obstante que las presiones registradas en ambos módulos 3.44 bar 50 psi y a un flujo de alimentación 33.29 m³/hr.

De igual manera, la incrustación está presente en las tuberías que alimentan a filtros de disco automáticos y al sistema de ultrafiltración, ocasionando una reducción del diámetro en las tuberías y un incremento en las pérdidas por fricción al reducir el área de paso de flujo, e incrementándose la velocidad.

Se recomienda la inspección física de los impulsores de las bombas de alimentación a tren de filtros auto limpiables y en caso de notar alta presencia de incrustación de sales de fosfato, realizar una limpieza mecánica ayudada con solución de ácido cítrico al 2 %. O realizar una limpieza periódica haciendo recirculaciones acidas con ácido cítrico al 2 %.

5.2 Filtros automáticos de disco

El sistema de filtración, inicia con un tren de filtros automáticos de disco (FA-B01/B02/B03) con un tamaño de malla de 130 micras, esto con la finalidad de ser un pretratamiento para el sistema de ultrafiltración con el objetivo de retener partículas mayores a 130 micras, y evitar daños a la superficie de la membrana de ultrafiltración.

La presencia de sales de fosfato en su forma no soluble, hace que rápidamente los filtros se saturen, ocasionando pérdida de presión, y por ende provocó disminución en el de filtrado, así mismo, el alto consumo de agua por la acción de retrolavados con mayor frecuencia, y en ocasiones cuando ya no es posible la recuperación del flujo filtrado, es necesario llevar a cabo una limpieza manual desensamblando los tres filtros y lavando manualmente los discos, operación que se tarda 30 minutos tiempo durante el cual el sistema está fuera de servicio.

Los filtros están programados para hacer un retrolavado cuando exista una diferencia de presión de 1 kg/cm^2 (aunque este dato es configurable), con una duración de 90 segundos por cada uno.

Como un pretratamiento eficaz para el sistema de osmosis inversa, y con especial atención en la reducción de SDI (índice de ensuciamiento), el sistema de recuperación de agua desmineralizada, cuenta con un equipo de ultrafiltración como pretratamiento a la osmosis inversa compuesto por dos módulos con seis membranas cada uno, el modelo de los módulos es INTEGRAPAC/IP-77.

5.3 Ultrafiltración

Los sistemas de ultrafiltración, se diseñan tomando en cuenta una principal variable, que es un flux de diseño, el flux es básicamente un volumen de filtración en una determinada área, en un determinado tiempo, expresándose en $\text{L/m}^2\text{-hr}$, es decir una cantidad de agua, que puede pasar en un metro cuadrado de membrana, en una hora. Según el manual del fabricante el flux para las membranas DOW IP-77, el flux de diseño mínimo recomendado para tratamientos terciarios, es un valor de $45 \text{ L/m}^2\text{-hr}$.

Datos de operación de cada módulo:

Numero de membranas:	6 membranas
Área por membrana:	77 m^2
Área total del módulo 1:	462 m^2
Flujo de permeado:	$15.46 \text{ m}^3/\text{hr}$

Calculo del flux de operación:

$$flux = \frac{Flujo\ de\ permeado\ \left(\frac{L}{hr}\right)}{Area\ total\ (m^2)}$$

$$flux = \frac{15460\ lt/hr}{462\ m^2} = 33.46\ lt/m^2 * hr$$

Como se observa en el cálculo, los módulos están operando a un buen flux al 74 % de su capacidad de diseño por el fabricante que seria 45 L/m²hr. El rango de operación para los módulos de ultrafiltración es del 40 % a 80 %.

Dentro de la secuencia operativa de ultrafiltración, es necesario realizar retrolavado periódico debido al aumento de la presión transmembrana o cada determinado tiempo, para lo cual, también existe una regla de diseño que consiste en que el flux de lavado inverso debe ser de aproximadamente tres veces o más que el permeado. Para el caso de las membranas IP-77 el flux de diseño para el lavado inverso deberá estar en el rango de 100 - 150 L/m²hr.

Si la bomba de retrolavado manda un flujo de 68.1 m³/hr a baja presión a 2.1 bar (30.45 psi) y la válvula (XV-30-D02 / XV-30-D03) O (XV-30-E02 / XV-30-E03) según sea el caso, el rechazo de ultrafiltración está abierto todo el caudal es rechazado por lo cual:

68.1 m³/hr es igual a 68100 lt/hr

$$flux = \frac{68100\ lt/hr}{462\ m^2} = 147.40\ lt/m^2 * hr$$

Por lo que se cumple la regla de diseño para remover partículas incrustadas en las membranas de ultrafiltración.

Los módulos de ultrafiltración están distribuidos en dos bancos con seis membranas cada uno, y en arreglo en paralelo esto quiere decir que cuando un banco realice su retrolavado el otro está en servicio y posteriormente se invierten para que ambos se regeneren. En la figura 5.1 se muestra la distribución de las membranas de ultrafiltración en la planta de recuperación.

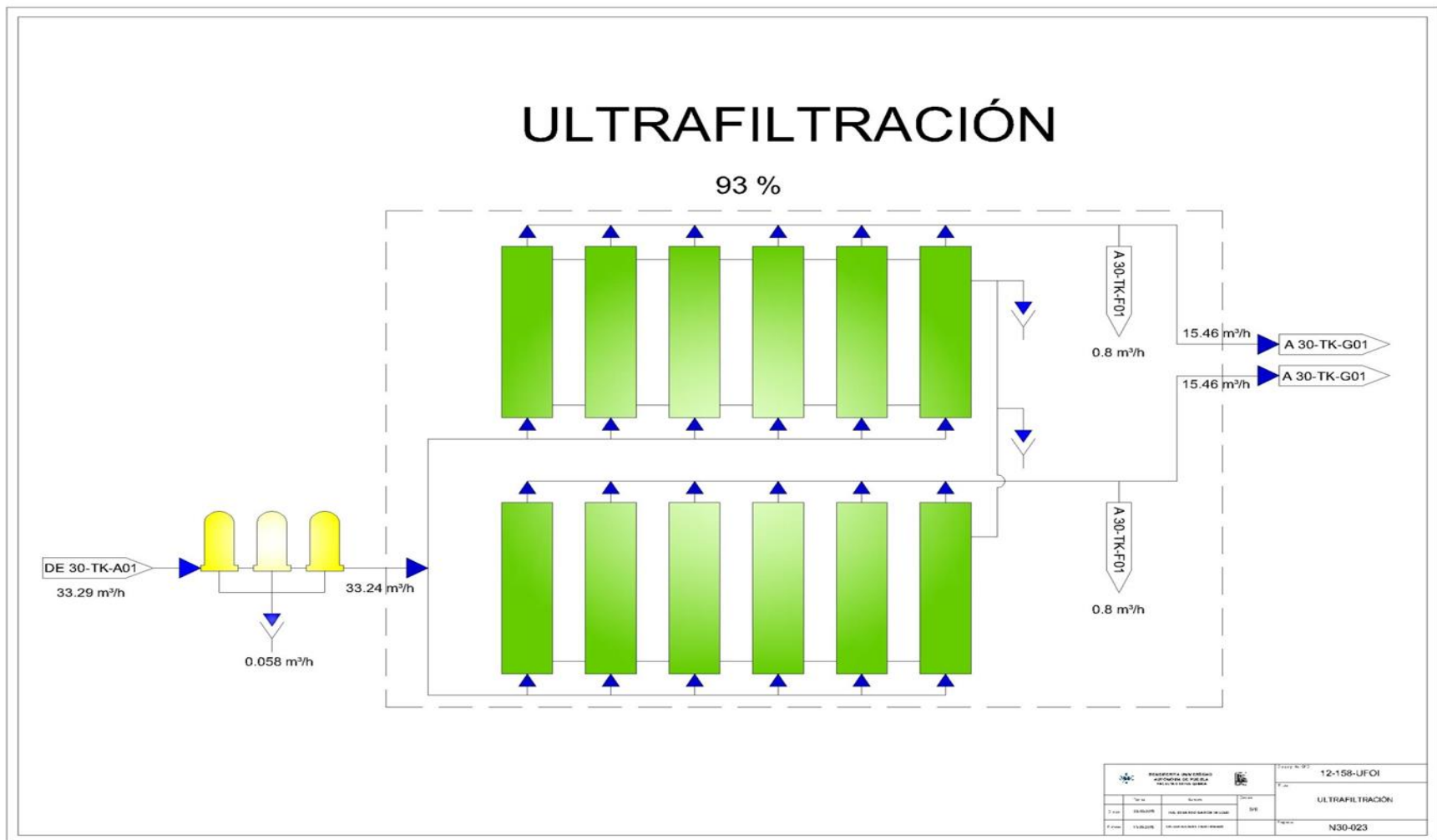


Figura 5.1 Distribución de las membranas de ultrafiltración en la planta de recuperación.

5.4 Osmosis inversa

El sistema de osmosis inversa tiene la finalidad de producir agua desmineralizada, por lo cual, el tren de tratamiento cuenta con un sistema de osmosis inversa doble paso, el doble paso es debido a la calidad de agua requerida por el proceso. En la figura 5.2, se presenta la distribución de las membranas en los dos módulos de osmosis inversa.

El arreglo que se tiene es de dos pasos con doble banco cada paso, es decir el agua producto de ultrafiltración es alimentada a cuatro carcassas en paralelo, cada carcassa contiene seis membranas haciendo un total de 24 membranas del primer paso del banco uno. El rechazo del primer paso del banco 1, es alimentado a la segunda etapa del banco uno. La alimentación es a dos carcassas en paralelo con 12 membranas, el rechazo de esta etapa el 25 % se recupera en el tanque de transferencia (30-TK-G01) y el resto se va al drenaje industrial. El producto del banco 1 es alimentado a un segundo banco de membranas, antes de la alimentación se cuenta con una bomba Grundfos (41-BAP-B01) para aumentar la presión de alimentación del segundo banco.

El segundo banco también está configurado de dos etapas la primera etapa del banco 2 consta de dos carcassas en paralelo, con seis membranas cada carcassa, el rechazo de la primera etapa, es alimentado a una segunda etapa que consta de una carcassa con seis membranas, el rechazo de esta etapa se recircula al 100% al tanque de transferencia (30-TK-G01).

El diagrama de flujo mostrado en la figura 5.2, muestra el arreglo con los flujos para su mejor desempeño del sistema de osmosis inversa. Como se podrá observar el flujo óptimo de alimentación al sistema de osmosis inversa es de $35.89 \text{ m}^3/\text{hr}$, con una eficiencia de 67 % de recuperación en el banco 1 y proporciona un flujo de alimentación al banco 2 de $24.04 \text{ m}^3/\text{hr}$ con una eficiencia del 85 % de recuperación. Estos flujos se obtienen haciendo recircular el 25 % del rechazo del banco 1 y el 100 % del rechazo del banco 2 a la alimentación del banco 1 de osmosis inversa. El producto final del sistema es $20.43 \text{ m}^3/\text{hr}$, que es ligeramente superior a lo que demanda el proceso.

Para el óptimo desempeño de los módulos de osmosis inversa se debe de ajustar el pH en el tanque de transferencia (30 -TK-G01) ya que este debe estar en un rango de 5.5 a 6

unidades de pH, para lograr que las sales de calcio, fosfatos se mantengan disueltas y sean alcanzadas evitando su incrustación en las membranas.

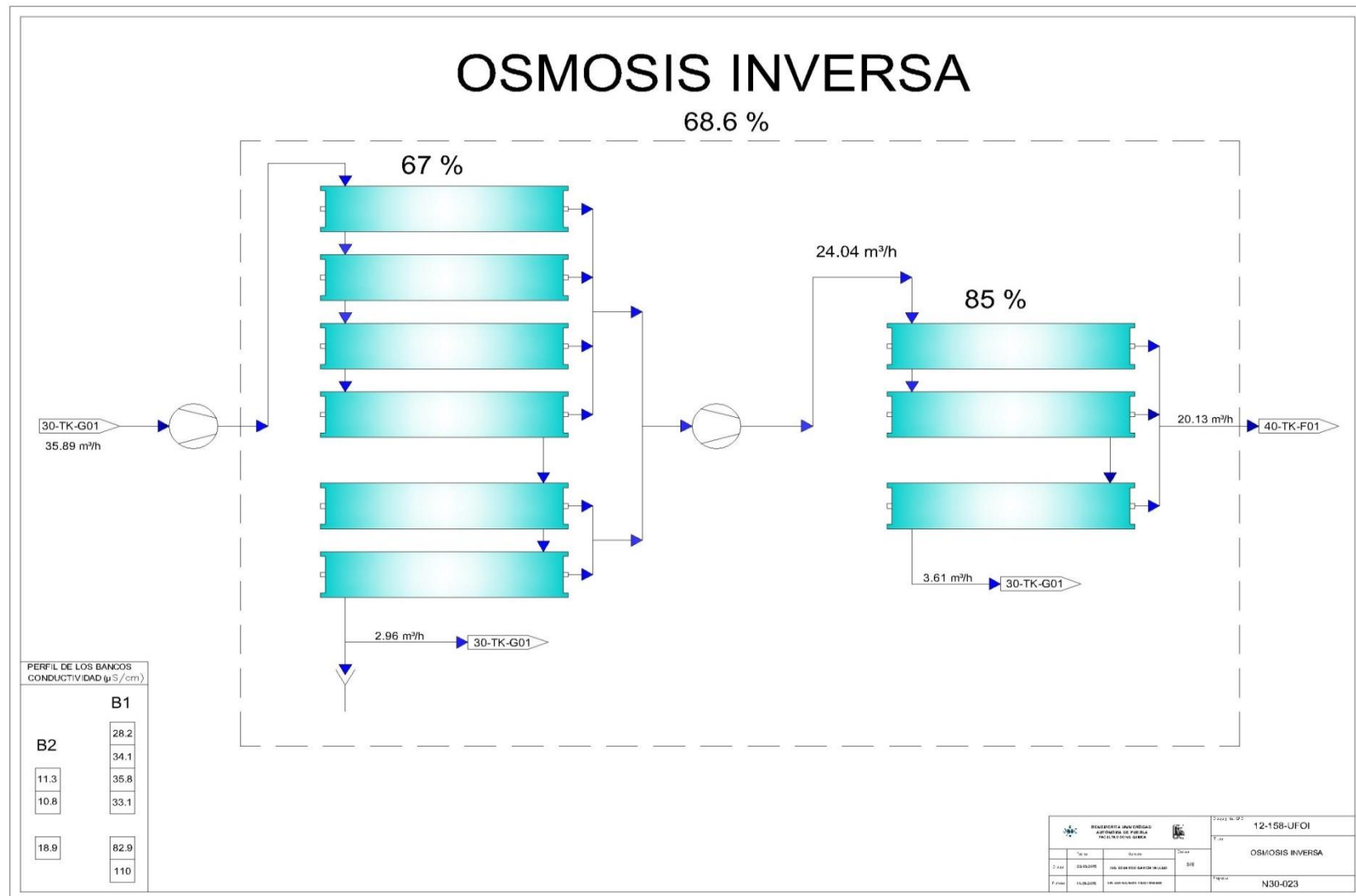


Figura 5.2 Distribución de las membranas de osmosis inversa en la planta de recuperación.

4.5 Características del agua residual

Se cuenta con un análisis del agua residual a tratar, esta agua está contenida en la etapa 7 y presenta las características que se muestran en la tabla 5.1 se muestra el resultado de un análisis detallado.

Tabla 5.1 Análisis cuantitativo del agua de alimentación al sistema de recuperación.

Parámetros	Unidades	Resultado Analítico
Alcalinidad Total como CaCO_3	mg/L	170.00
Alcalinidad a la fenolftaleína como CaCO_3	mg/L	< 11.99
Conductividad	$\mu\text{S}/\text{cm}$	623
Cloruros	mg/L	12.87
Dureza Total como CaCO_3	mg/L	297.63
Calcio	mg/L	39.84
Magnesio	mg/L	49.40
Fierro	mg/L	4,010
pH	Unidades	7.01
Potasio	mg/L	31,000
Amonio	mg/L	7,220
Sílice	mg/L	8,721
Sodio	mg/L	56,000
Solidos Totales	mg/L	619.00
Solidos Disueltos Totales	mg/L	519.00
Sulfatos	mg/L	33,750
Fluoruros	mg/L	20,349
Nitritos	mg/L	0.232
Nitratos	mg/L	3.361
Bromuros	mg/L	<0.200
Fosfatos	mg/L	263,793

5.6 Resultados

La conductividad eléctrica es importante ya que es un indicativo de la presencia de sales en cierto volumen de agua, en la figura 5.3 se muestra el comportamiento del perfil de conductividad con respecto al número de muestras tomadas cuando la planta de recuperación estuvo en servicio, donde se aprecia el comportamiento de los efluentes, la línea de color azul nos representa el comportamiento de la conductividad del tanque colector del agua residual y la línea roja del agua permeada de los módulos de ultrafiltración, tienen comportamiento semejante debido a que los tamaños de los poros de las membranas de ultrafiltración solo remueven solidos disueltos. Mientras que el comportamiento de la conductividad en el permeado de osmosis inversa es bajo esto se debe a la configuración que tienen las membranas para producir agua de mayor calidad para cubrir con las necesidades del proceso.

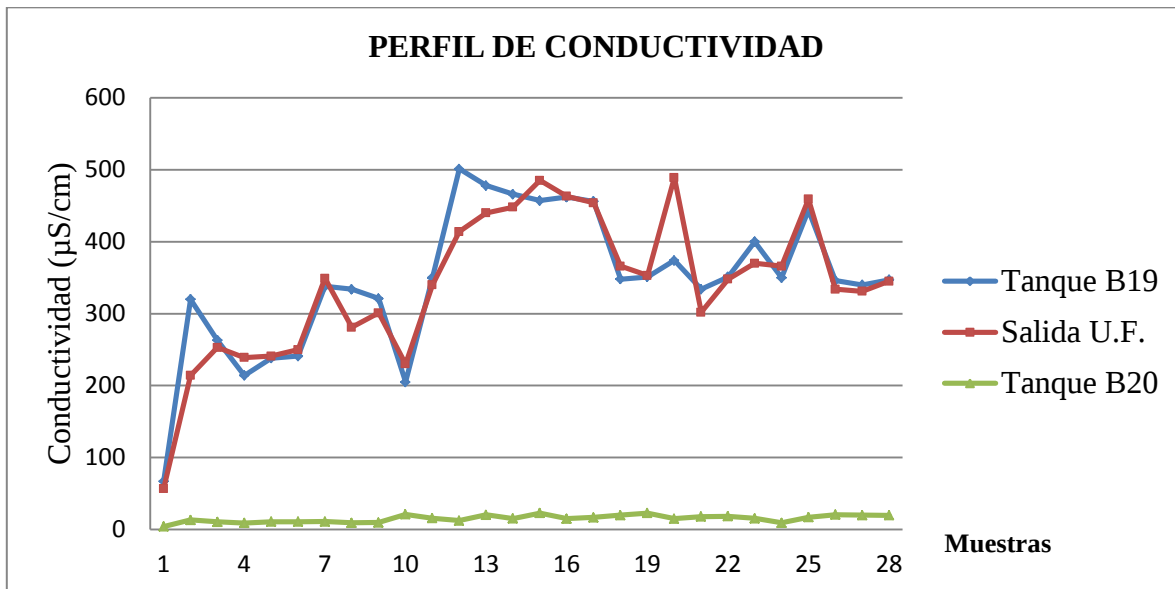


Figura 5.3 Comportamiento de la conductividad en el tratamiento.

El pH tiene importancia en el correcto funcionamiento de los equipos y este se ajusta para optimizar las condiciones de operación. El pH se ajusta comúnmente en la alimentación a osmosis inversa ya que un pH superior a 6 unidades favorece a la incrustación de sales en

las membranas provocando una saturación temprana de las membranas. El comportamiento del pH en tres diferentes puntos de la planta de recuperación se muestra en la figura 5.4. La línea azul nos indica el comportamiento del agua residual, y de acuerdo a la dosificación de productos químicos sufre un ligero cambio. Ajustando el pH a un rango de alimentación a osmosis inversa de 5.5 a 6 unidades se favorece la eficiencia del antincrustante y se evitan problemas de incrustación en las membranas de osmosis inversa.

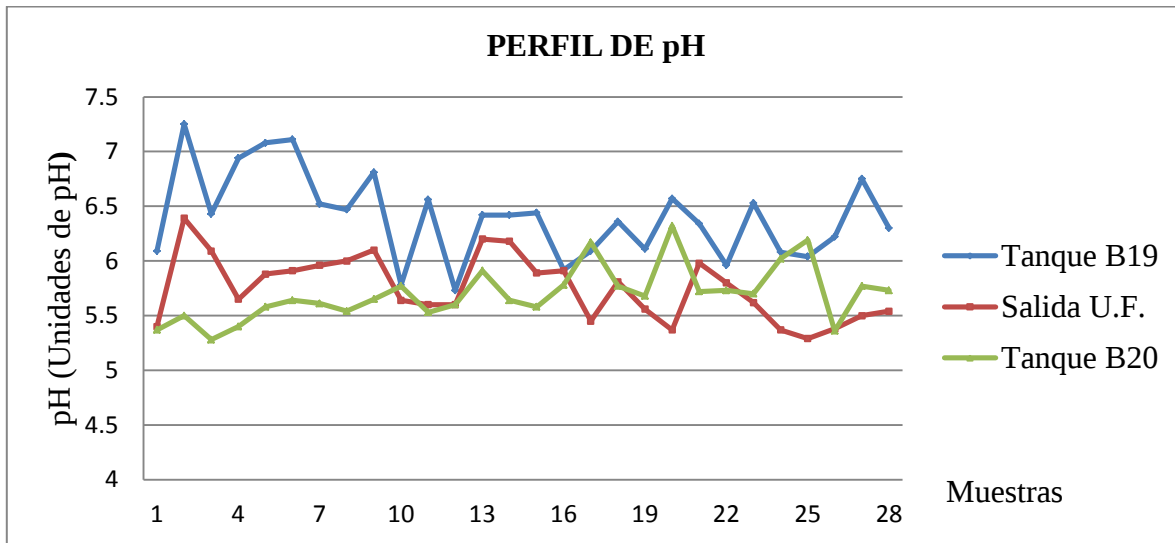


Figura 5.4 Comportamiento del pH en el tratamiento.

La turbidez es un indicativo de la reducción de su transparencia ocasionada por partículas en suspensión en diferentes secciones de la planta, en la figura 5.5 se muestra el perfil de turbidez del agua durante el transcurso de la planta de recuperación de agua de proceso, la línea azul representa la turbidez del agua colectada la cual conforme pasa el tiempo va incrementando esto debido a que con el paso de carrocerías aumenta los contaminantes del agua a tratar, después de cierto tiempo disminuye, esto debido a que en etapas anteriores refrescan los parámetros. Los sólidos quedan removidos en los módulos de ultrafiltración, es por ello que en etapas posteriores de ultrafiltración los valores de turbidez son bajos e incluso e incluso cero.

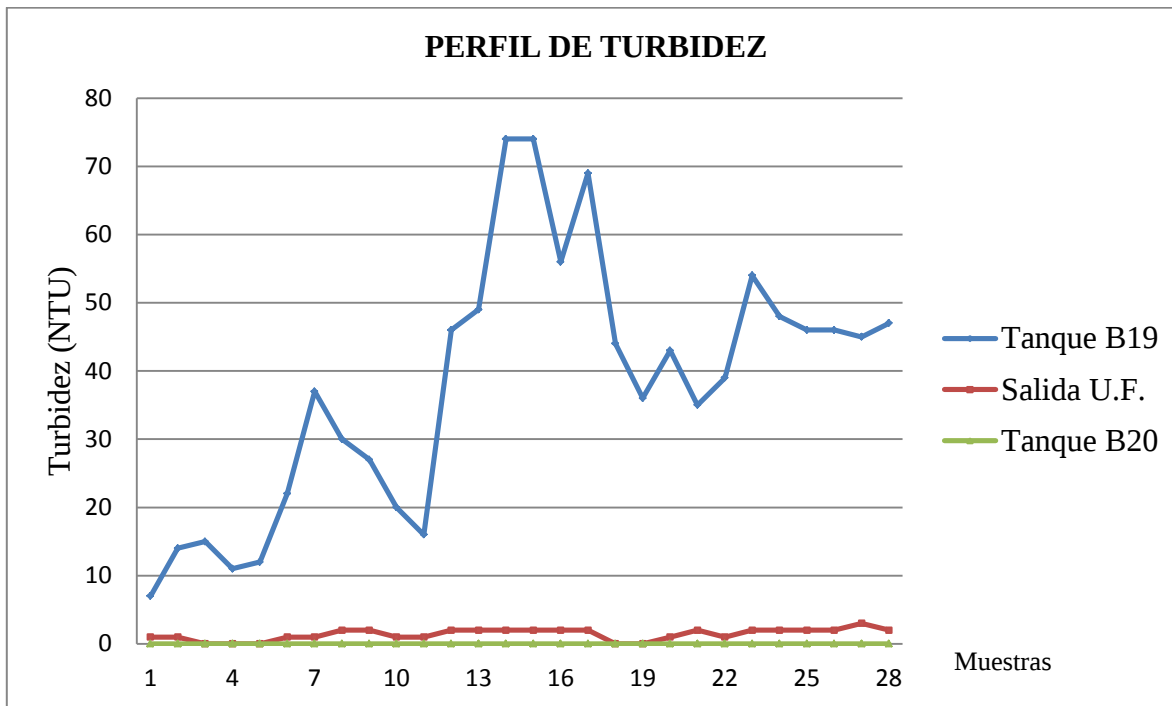


Figura 5.5 Comportamiento de la turbidez en el tratamiento.

En la figura 5.6 se muestra el perfil de permeabilidad en los módulos de ultrafiltración. El rendimiento de las membranas de ultrafiltración se puede ver por tres factores y son los siguientes: presión transmembrana, el factor de permeabilidad y la diferencia de presión a la entrada y la salida de las membranas. En caso particular el factor de permeabilidad nos indica cuando una membrana bajó su permeabilidad debido a la saturación de los poros y cuando es necesario realizar una limpieza CEB (limpieza con químicos mejorada) o una limpieza CIP (limpieza en sitio) para recuperar la permeabilidad. En este caso la figura 5.6 nos muestra el comportamiento del factor de permeabilidad con respecto al tiempo, se observa que va disminuyendo y que las limpiezas CEB ya no regeneran por completo las membranas y que al final de la semana ya requiere una limpieza CIP.

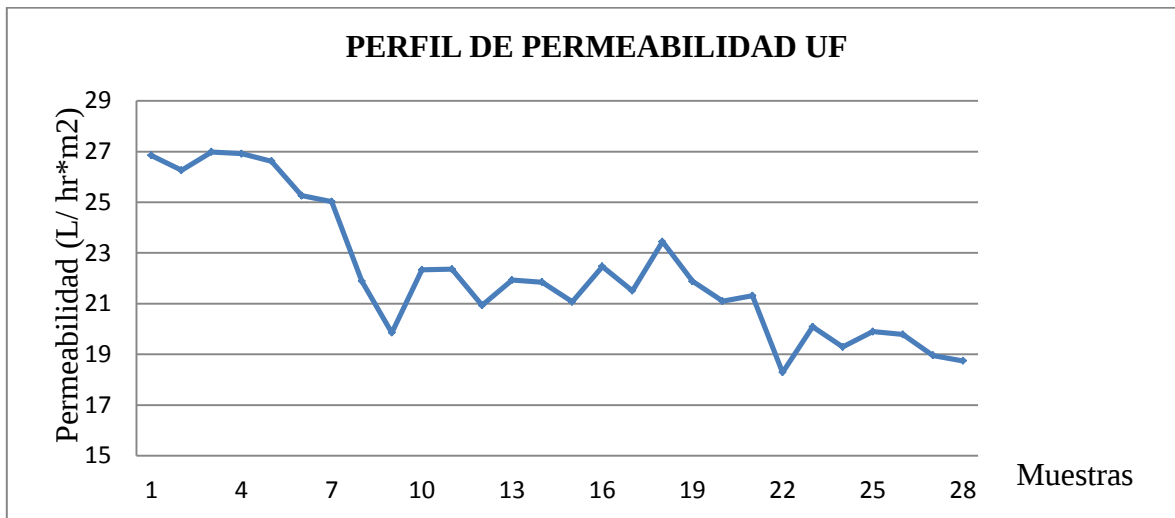


Figura 5.6 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de ultrafiltración.

Las figuras 5.7 y 5.8 muestran la comparación del permeado contra la presión transmembrana (PTM) del banco 1 y 2 de osmosis inversa, indican que conforme pasa el tiempo se van saturando los poros de las membranas y requieren una limpieza CIP para regenerar el permeado. Entre mayor sea la presión transmembrana (PTM) disminuye el flujo de permeado y esto hace que baje la eficiencia de la planta de recuperación.

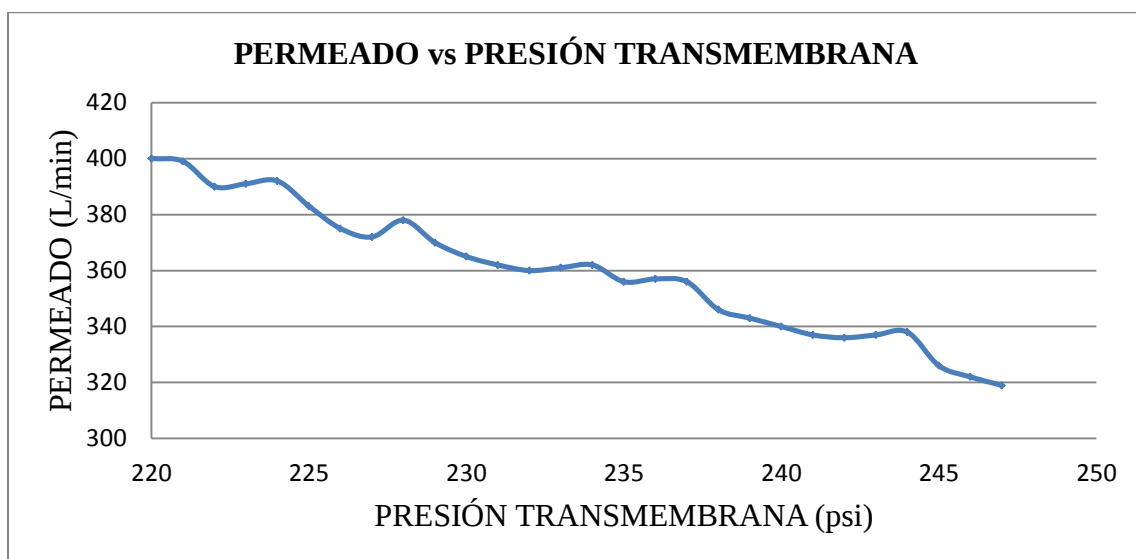


Figura 5.7 Comportamiento de la permeabilidad del banco 1 de osmosis inversa.

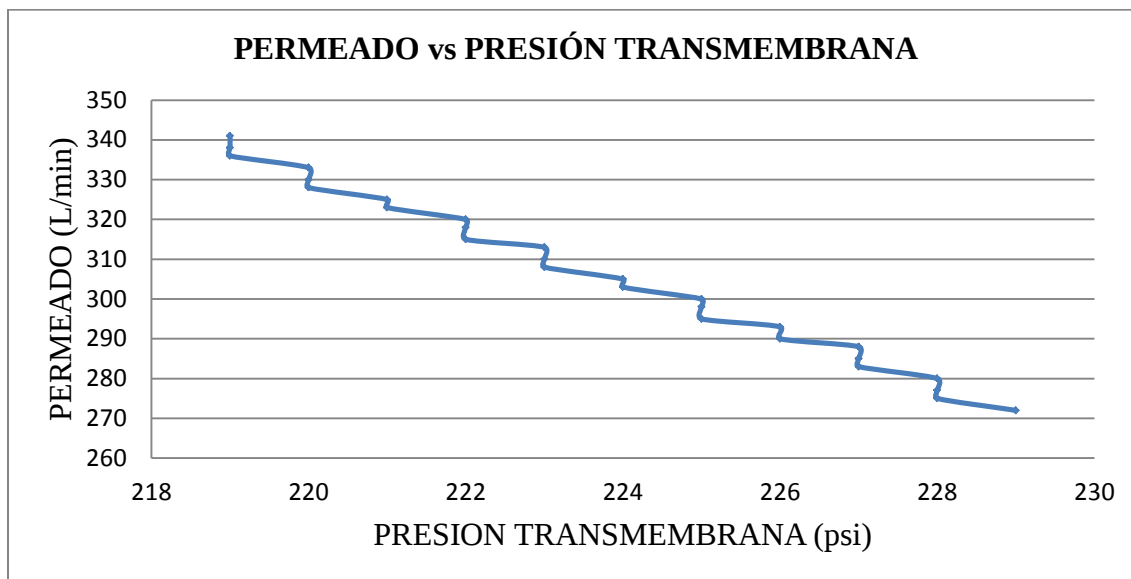


Figura 5.8 Comportamiento de la permeabilidad del banco 2 de osmosis inversa.

La filtración de ultrafiltración está configurada para realizar una filtración parcial es decir tiene un tiempo de filtrado y un tiempo para rechazar los sólidos retenidos cada que se activa la limpieza CEB (limpieza con químico mejorada), se limpia y enjuaga por medio físico y químico. Con el paso del tiempo de servicio de los módulos de ultrafiltración la limpieza CEB (limpieza con químico mejorada) ya no es eficiente para regenerar la permeabilidad de los módulos de ultrafiltración, por lo que se recurre a una limpieza CIP (limpieza en sitio), esta limpieza se lleva a cabo en tres etapas de acuerdo a los contaminantes presentes en el agua tratada.

El mayor contaminante del agua residual es el fosfato para lo cual se prepara una solución de ácido cítrico y bicarbonato de sodio al 10 % en proporción 1:1 a la temperatura de 35°C a no más de 40 °C, como se ilustra en la figura 4.9 esta limpieza remueve mayor cantidad de solidos produciendo mayor turbidez en la solución de limpieza.

Para remover materia orgánica y biológica se introduce una solución alcalina reforzada con hipoclorito de sodio en un rango de temperatura de 35°C a 40°C a pH 11, esta remueve los

contaminantes presentes en los módulos como vemos en la figura 5.9, los contaminantes que remueve esta limpieza son en menor cantidad que la de fosfatos.

La limpieza acida con solución de ácido clorhídrico a pH 2 y en un rango de temperatura de 35° a 40°C va a remover sales inorgánicas presentes en los módulos. En la figura 5.9 vemos que se remueven en menor cantidad que las limpiezas anteriores ya que los contaminantes por sales inorgánicas es baja.

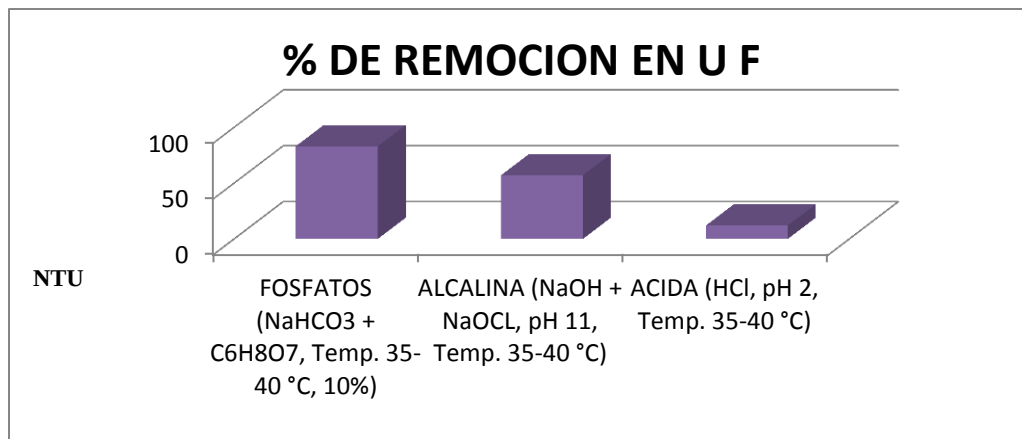


Figura 5.9 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de ultrafiltración.

En los módulos de osmosis inversa al igual que en ultrafiltración, el mayor contaminante es el fosfato, por lo cual se introduce una solución al 5 % de ácido cítrico a temperatura ambiente, se omite el bicarbonato de sodio para evitar incrustaciones en las membranas. En la figura 5.10 se ilustra que es la que produce mayor turbidez en la solución de limpieza seguida de la limpieza alcalina para eliminar contaminantes de origen biológico, la limpieza con ácido fuerte para eliminar sales que alcanzaron a incrustar en la superficie de la membrana debido a los cambios de pH en el agua que se alimenta.

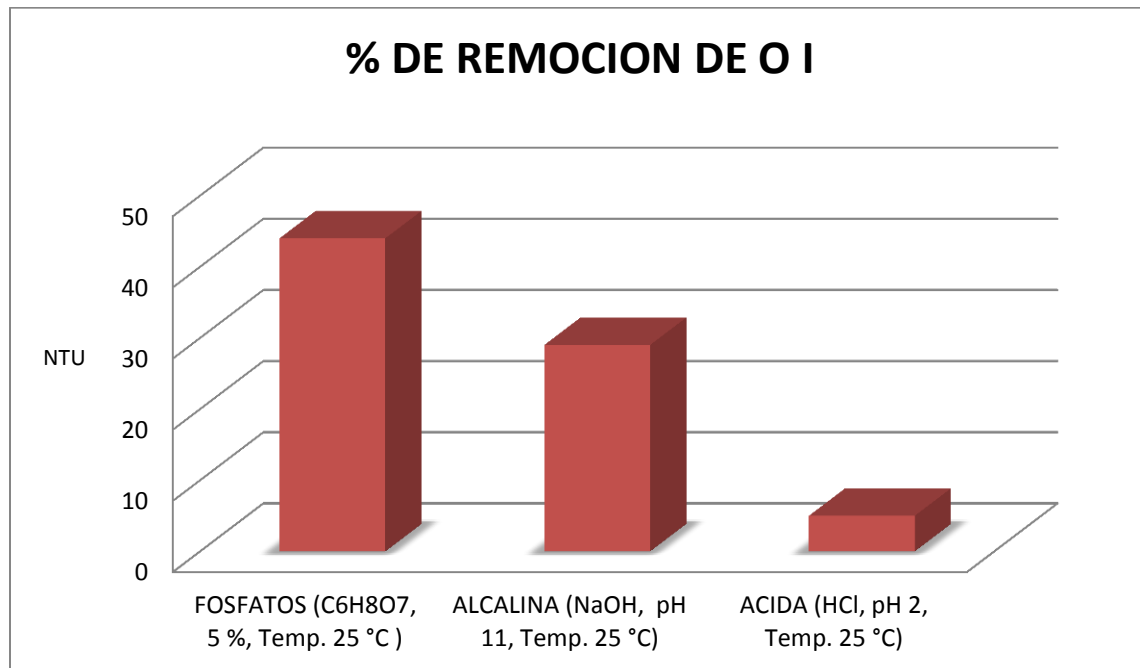


Figura 5.10 Comportamiento de la permeabilidad en los módulos de osmosis inversa.

CONCLUSIONES

La estandarización de la operación de la planta de recuperación de agua del proceso de lavado por inmersión de carrocerías con ultrafiltración y osmosis inversa facilita la operación óptima de la planta.

La descripción del proceso facilita el entendimiento de la operación de la planta de recuperación de agua del proceso de lavado por inmersión de carrocerías.

Los parámetros de operación pH, conductividad eléctrica y turbidez afectan el rendimiento de la planta.

Los insumos químicos mejoran el proceso de recuperación y a la vez protegen las membranas para su eficiente desempeño.

La elaboración de un procedimiento para las limpiezas químicas facilita el mantenimiento de la planta.

Con la elaboración de DTI de la planta y del sistema de lavado se facilita el entendimiento del proceso.

RECOMENDACIONES

Es claro que el problema principal del taponamiento de membranas, es debido a la alta presencia de fosfatos, los cuales deberán mantenerse en solución, en su paso por el sistema de ultrafiltración. Opcionalmente es viable la precipitación de esta impureza mediante una precipitación química controlada, es decir, es necesaria la implementación de un sistema fisicoquímico (coagulación-floculación), seguido de un sistema de precipitación o sedimentación de esta sal.

Inicialmente también es recomendable que el agua a recuperarse, sea tomada de la etapa número cinco ya que es la tina que menos concentración de fosfato presenta, con esto se lograría aumentar el tiempo entre lavados para desincrustar las membranas.

Así mismo no se recomienda utilizar agua dura para la reposición de agua en el proceso de lavado, esto con la finalidad de evitar la reacción del fosfato con los minerales polivalentes y no generar este sobre ensuciamiento de las membranas de ultrafiltración.

Se recomienda la recuperación de los flux de permeado del sistema de ultrafiltración a condiciones de diseño, esto se podrá lograr con la aplicación de limpiezas profundas y con reactivos químicos secuestrantes de estas sales incrustadas, así mismo, elevando la temperatura de la solución de limpieza para obtener una mejor eficiencia.

Como último punto se recomienda la implementación de los retrolavados mejorados químicamente, inicialmente ácidos, para evitar la sedimentación o formación de depósitos sobre las membranas, ocasionado por estas sales.

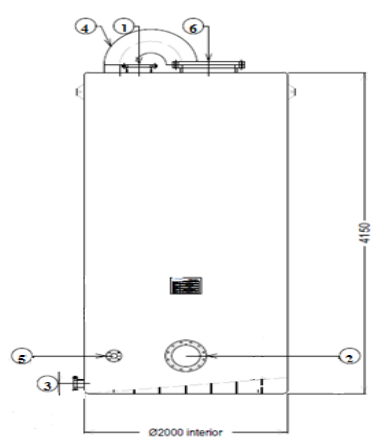
BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mercado, I., Arango, Á. y Toro, M. (2009). Eliminación de níquel y materia orgánica de vertidos industriales mediante electrocoagulación: estudio preliminar, *Ingeniería Química*, 41 (472), pp. 102-107.
- [2] Khelifa, A., Moulay, S. y Naceur, A. (2005). Treatment of metal finishing effluents by the electroflotation technique. *Desalination*, 181(1-3), pp. 27-33.
- [3] Vasudevan, S., Lakshmi, J. y Sozhan, G. (2011). Effects of alternating and direct current in electrocoagulation process on the removal of cadmium from water. *Hazardous Materials*, 192 (1), pp. 26-34.
- [4] Rigola, L.M. (1999). Tratamiento de Aguas Industriales, Aguas de Proceso y Residuales. España: Alfaomega~marcombo.
- [5] Secretaria de recursos materiales y medio ambiente (2015). *Normas oficiales mexicanas en materia de agua*. Recuperado de <http://www.semarnat.gob.mx/leyes-y-normas/nom-agua>
- [6] Organismo de evaluación y fiscalización ambiental (2014). *Fiscalización ambiental en aguas residuales*. Recuperado de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- [7] Crites, R. & Tchobanoglous, G. (2000). *Tratamientos de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
- [8] Ramalho, R. S. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Quebec, Canadá: Reverte.

- [9] Urtiaga, Ibañez, R., Ortiz, I., Acero, J.L., Teva, F. y Benitez F. G. (2010). Tecnologías de membranas: ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa. En Programa Consolider Tragua (Ed.), en Tecnologías de tratamiento de aguas para su reutilización (182-213). España: Consolider Tragua.
- [10] Schroetter, J. y Boskaya-Schroetter, B. (2010). Current and emerging processes for water treatment, en Peinemann, K. V. y Pererira, S. N. (Ed.), Membranes for Water Treatment, (53-91). Kingdom: Wiley-VCH.
- [11] Baker, R.W. (2004). Membrane Technology and Applications. California: Wiley.
- [12] Drioli, E. y Macedonio, F. (2010). Integrated Membrane Systems for Desalination, en Peinemann, K. V. y Pereira, S.N. (Ed), Membranes for wáter teatment, (93-146) Kingdom: Willey-VCH.
- [13] Wolf, P. H., Siversns, S. y Monti, S. (2005). U.F. membranes for RO desalination pretreatment. *Desalination*, 182, 293-300.
- [14] Fritzmann, C., Lowenberg, J., Wintgens, T., y Melin, T. (2007). State of the art of reverse osmosis desalination. *Desalination*, 216, 1-76.
- [15] Chen, V., Mansouri, J. y Charlton T. (2010). Biofouling in membrane systems, en Peinemann, K. V. y Pereira, S.N. (Ed), Membranes for wáter teatment, (49-51) Kingdom: Willey-VCH.
- [16] Le-Clech, P., Chen, V., y Fane, T.A.G. (2006). Fouling in membrane bioreactors used in wastewater treatment. *Journal of membrane science*, 284, 17-53.

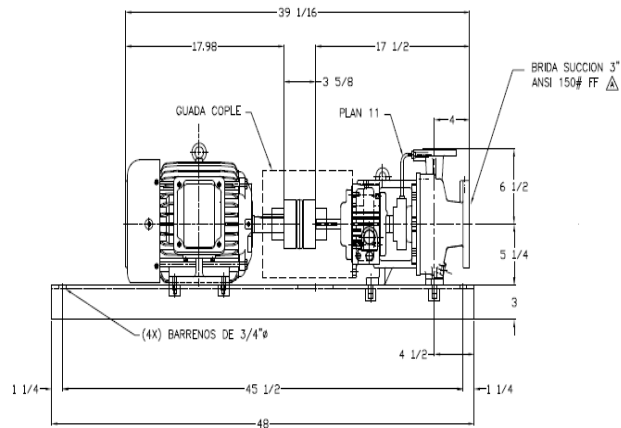
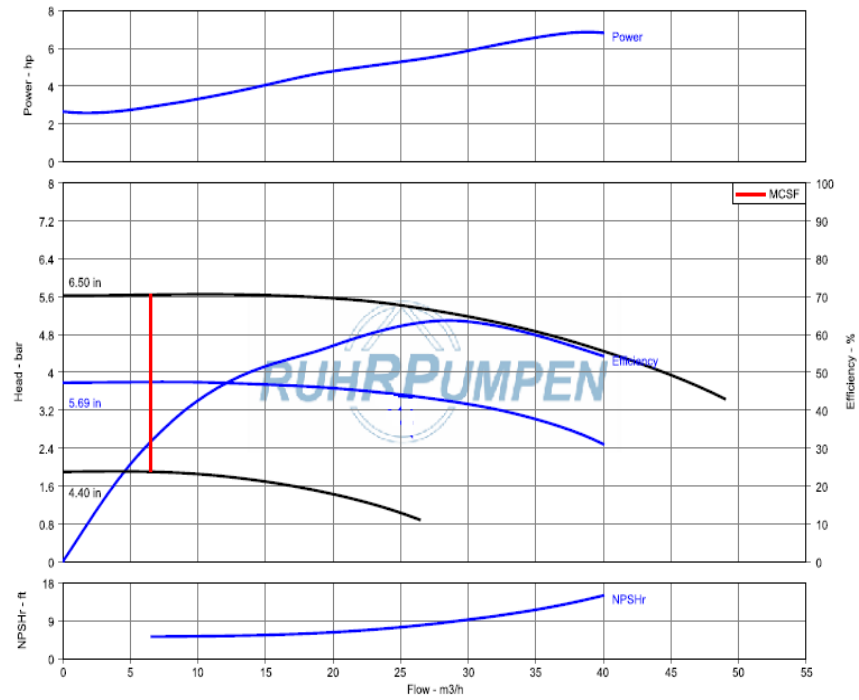
- [17] Baker, J. S. y Dudley, L. Y. (1998). Conference Membranes in Drinking and Industrial Water Production. *Desalination*, 118, 1-327.
- [18] Whittaker, C., Ridgway, H., y Olson, B. H. (1984). Evaluation of Cleaning Strategies for Removal of Biofilms from Reverse-Osmosis Membranes. *Appl Environ Microbiol*, 48, 395-403
- [19] Hickman, C.E. (1991) Membrane technologies in the water industry. Paper presented at Membrane Cleaning Techniques, AWWA Seminar Proceedings, March 10–13, Orlando (FL), 329–344.
- [20] Gehmecker, H. (2008). Pretreatment of multimetal car bodies, en Streitberger, H.J. y Friedrich, D.K. (Eds.), *Automotive Paints and Coatings* (81-61). Germany: Wiley-VCH.
- [21] González, M. (2006). *Guía de Fosfatizado de Metales*. Recuperado de <http://es.calameo.com/read/000139633323620d69172>

ANEXOS

 HOJA DE DATOS DEPOSITO COLECTOR Y PERMEADO (B19 / B20) 		DOCUMENTO: PLANTA R. O. PROYECTO: N30-023 REVISION: 1 FECHA: sep-15																																														
Sitio: PUEBLA, PUEBLA Servicio: Almacena agua de proceso y agua permeada O.I. Fabricante: DIMASA Modelo: ----- Tamaño: 13 M ³		No. De equipos requeridos: 2 (DOS) Tipo de proceso: ALMACENAMIENTO Tipo: VERTICAL CERRADO TAG: 30-TK-A01 / 40-TK-F01																																														
Datos de proceso Capacidad m ³ Nominal 13.0 Operación 12.0 Producto almacenado Agua de proceso y agua de O.I. Densidad del producto (g/cm ³) 1.00 Presión operación cuerpo (Bar) atmosferica Temp. operación cuerpo (°C) 25		Datos de diseño mecánico Radiografiado No aplica Prueba hidrostática Cuerpo Pres. Dis. Cuerpo (Bar) ----- Chaqueta ----- Temp. Dis. Cuerpo (°C) ----- Chaqueta ----- Corrosión permisible De acuerdo a código Fabricación soldada ----- Otras ----- Vel del viento ----- C. Sísmico ----- Peso vacío 800 Kg Peso operación 2330 Kg Pintura No Recubrimiento interior No Espesor de pared Doble Reforzado Prep. Superficie Ningun Aislamiento No																																														
Construcción Tipo Cilindro vertical Diámetro (m) 2.00 Altura (m) 4.15 Tipo de tapa Plana Tipo de techo Plano Tipo de fondo Inclinado Espesores Int: 3 mm Ext: 0.5 mm																																																
Materiales																																																
Cuerpo	Fibra de vidrio	Tapa	Fibra de vidrio																																													
Fondo	Fibra de vidrio	Partes Int.	No aplica																																													
Partes externas	No aplica	Escalera	Acero al carbon																																													
Empaques	No aplica	Bridas	Fibra de vidrio																																													
Tornillos	No aplica	Tuercas	No aplica																																													
Techo	Fibra de vidrio																																															
Tubería Int.	No aplica																																															
Cuello de boquillas	Fibra de vidrio																																															
Soportes	Acero al carbon																																															
VISTA SUPERIOR 		Lista de boquillas <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Boquilla</th> <th>Tamaño</th> <th>Servicio</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>3"</td><td>Alimentacion</td></tr> <tr><td>2</td><td>3"</td><td>Succion</td></tr> <tr><td>3</td><td>3"</td><td>Drenaje</td></tr> <tr><td>4</td><td>10"</td><td>Ventoe</td></tr> <tr><td>5</td><td>1/4"</td><td>Boquilla de presion</td></tr> <tr><td>6</td><td>20"</td><td>Registro hombre</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Boquilla	Tamaño	Servicio	1	3"	Alimentacion	2	3"	Succion	3	3"	Drenaje	4	10"	Ventoe	5	1/4"	Boquilla de presion	6	20"	Registro hombre																								
Boquilla	Tamaño	Servicio																																														
1	3"	Alimentacion																																														
2	3"	Succion																																														
3	3"	Drenaje																																														
4	10"	Ventoe																																														
5	1/4"	Boquilla de presion																																														
6	20"	Registro hombre																																														
		NOTAS: Fabricacion por moldeo mecánico "Filament Winding" para el cilindro y moldeo manual "Hand Lay Up" para los fondos																																														
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ																																											
1	sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																																											

		HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO AGUA A U. F. 30 - BC - A02 / 03				DOCUMENTO:	PLANTA RO																		
Sitio: PUEBLA, PUEBLA		No. Eq. requeridos		2 (DOS)		PROYECTO:	N30-023																		
Servicio: SUMINISTRO		Tipo de Proceso		TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL		REVISIÓN:	1																		
Fabricante: RUHRPUMPEN		Tipo		CENTRIFUGA HORIZONTAL		FECHA:	sep-15																		
Modelo:		TAG		30 - BC - A02 / 03																					
TAMAÑO CPP21 3X2X5 (OH1)		CODIGO DE DISEÑO:		ASME																					
CONDICIONES DE OPERACIÓN				COMPORTAMIENTO																					
LIQUIDO: AGUA DE PROCESO FLUJO NORMAL: 33.29 m3/h CAUDAL NOMINAL 33.58 m3/h FLUJO MAX.: 38.35 m3/h PRESION MAXIMA 5.6 BAR TEMPERATURA 68°F GRAVEDAD ESPECIFICA 1 VISCOSIDAD 1cP EFICIENCIA 66.50%				RPM: 3550 rpm NPSH REQ: 10.85 ft N° DE PASOS: 1 EFI DE DISEÑO: 67% ALTURA MAX./D. NOM.: 189.2 ft RELACION DE FLUJO: 100.00% BEP (Mejor punto de ef.) 33.58 m3/h FLUJO MIN CONTINUO: 3.08 m3/h ROTACION VISTA DEL L DER.																					
CONSTRUCCION				MOTOR																					
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☐ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☒ DREN ☐ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐				TIPO TEFC FABRICANTE SIEMENS POTENCIA 10 HP 3600 ARMAGON ACERO AL CARBON VOLTS/FASES/CICLOS: 230-460V/ 3F/ 60 HZ. EFICIENCIA PREMIUM FACTOR SERVICIO: 1.15																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>BOQUILLAS</th> <th>TAMAÑO</th> <th>RANGO ASA</th> <th>CARA</th> <th>NORMA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td>3"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>AL FRENTE</td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td>2"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>HACIA ARRIBA</td> </tr> </tbody> </table>				BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION	SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE	DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA	PRUEBAS REQUERIDAS REQUERIDAS HIDROSTATICA ☐ COMPORTAMIENTO ☐ NPSH ☐ ATESTIGUADAS PRUEBA HIDROSTATICA ☐ PRESION ☐ MAX. PRES PERMISIBLE ☐			
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION																				
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE																				
DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA																				
DIAM. IMP. DIS 6.50 in Ø IMP. MAX 6.50 in Ø IMP MIN. 4.4 in AXIAL SKF-5309 TIPO RODAMIENTO DE BOLAS LUBRICACION POR ACEITE																									
MATERIALES DE CONSTRUCCION				PESOS																					
CARCAZA ACERO IMPULSOR ACERO AL CARBON CUBRECOUPLE ACERO ASTM A-36 FLECHA ACERO AL CARBON PORTABALEROS FE.FO., CLASE 30 ASTM				MOTOR 83 KG BOMBA 108 KG BASE 105 KG COUPLE 6 KG TOTAL: 302 KG																					
OBSERVACIONES:																									
_____ _____ _____																									
REV	FECHA	DESCRIPCION		ELABORO	REVISO	APROBO																			
1	25/08/2015	REVISION		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																			

Curva de Operación de la Bomba

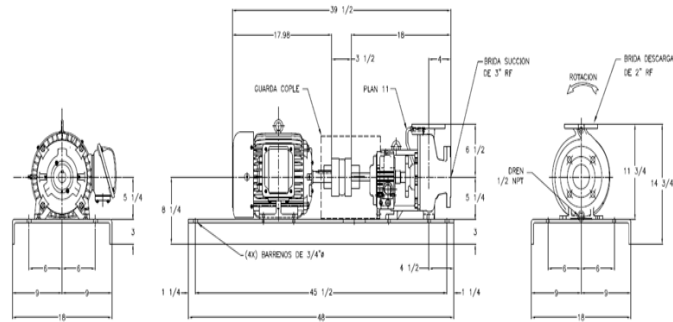
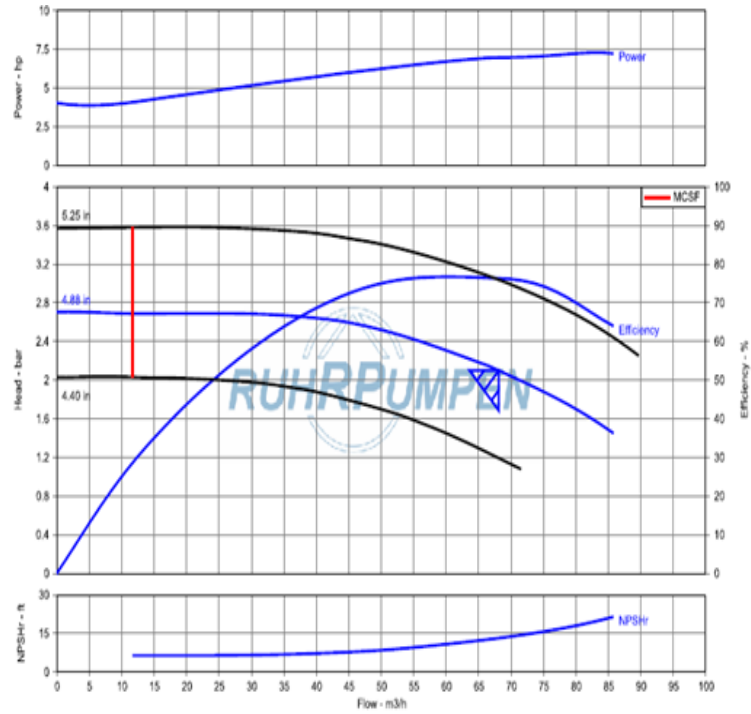


Dimensiones de la Bomba

REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

		HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO AGUA DE RETROLAVADO A U. F. 30 - BC - C01				DOCUMENTO:	PLANTA RO																		
						PROYECTO:	N30-023																		
						REVISIÓN:	1																		
						FECHA:	sep-15																		
Sitio: PUEBLA, PUEBLA		No. Eq. requeridos		1 (UNA)																					
Servicio: SUMINISTRO		Tipo de Proceso		TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL																					
Fabricante: RUHRPUMPEN		Tipo		CENTRIFUGA HORIZONTAL																					
Modelo:		TAG		30 - BC - C01																					
TAMAÑO CPP21 3X2X5 (OH1)		CODIGO DE DISEÑO:		ASME																					
CONDICIONES DE OPERACIÓN						COMPORTAMIENTO																			
LIQUIDO: PRODUCTO DE U. F. FLUJO NORMAL: 68.1 m3/h CAUDAL NOMINAL 68.1 m3/h FLUJO MAX.: 68.1 m3/h PRESION DIFERENCIAL 2.10 BAR TEMPERATURA 68°F GRAVEDAD ESPECIFICA 1 VISCOSIDAD 1cP EFICIENCIA 76.25%						RPM: 3550 rpm NPSH REQ: 13.20 ft N° DE PASOS: 1 EFI DE DISEÑO: 76% ALTURA MAX./D. NOM.: 2.70 BAR RELACION DE FLUJO: 113.59% BEP (Mejor punto de ef.) 59.95 m3/h FLUJO MIN CONTINUO: 59.95 m3/h ROTACION VISTA DEL L: DER.																			
CONSTRUCCION						MOTOR																			
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☐ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☒ DREN ☐ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐						TIPO TEFC FABRICANTE SIEMENS POTENCIA 7.5 HP 3600 ARMAZON ACERO AL CARBON VOLTS/FASES/CICLOS: 230-460V/ 3F/ 60 HZ. EFICIENCIA PREMIUM FACTOR SERVICIO: 1.15																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>BOQUILLAS</th> <th>TAMAÑO</th> <th>RANGO ASA</th> <th>CARA</th> <th>NORMA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td>3"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>AL FRENTE</td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td>2"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>HACIA ARRIBA</td> </tr> </tbody> </table>						BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION	SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE	DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA		
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION																				
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE																				
DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA																				
DIAM. IMP. DIS 4.88 in Ø IMP. MAX 5.25 Ø IMP MIN. 4.4 in AXIAL SKF-5309 TIPO RODAMIENTO DE BOLAS LUBRICACION POR ACEITE																									
MATERIALES DE CONSTRUCCION						PESOS																			
CARCAZA ACERO IMPULSOR ACERO AL CARBON CUBRECOPLE ACERO ASTM A-36 FLECHA ACERO AL CARBON PORTABALEROS FE.FO., CLASE 30 ASTM						MOTOR 83 KG BOMBA 108 KG BASE 105 KG COPLE 6 KG TOTAL: 302 KG																			
OBSERVACIONES:																									
REV	FECHA	DESCRIPCION		ELABORO	REVISO	APROBO																			
1	25/08/2015	REVISION		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																			

Curva de Operación de la Bomba



Dimensiones de la Bomba

REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.



HOJA DE DATOS DE FILTROS AUTOMATICOS DE DISCO (30-FA-B01/02/03)

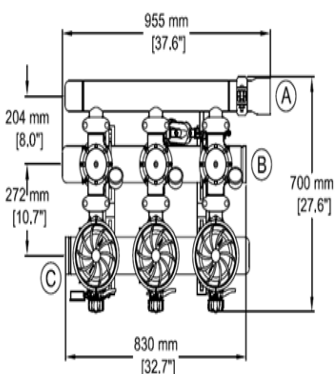


DOCUMENTO:	PLANTA R.O.
PROYECTO:	N30-023
REVISION:	1
FECHA:	sep-15

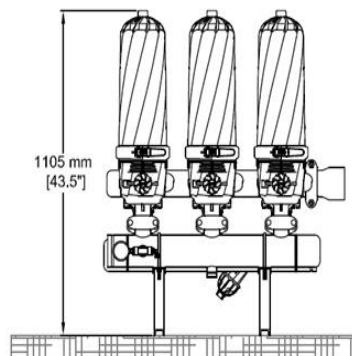
Síto:	PUEBLA, PUEBLA	No. De equipos requeridos:	3 (TRES)
Servicio:	SEPARAR SOLIDOS MAYORES A 130 µm	Tipo de proceso:	FILTRACION
Fabricante:	AZUD	Tipo:	VERTICAL
Modelo:	HELIX AUTOMATIC /203 /4VX	TAG:	30-FA-B01/02/03

Datos de proceso	Características
Capacidad m³/h Nominal 32.0 Operación	Entrada de Influyente Brida de 4" ANSI 150#
Fluido: Agua de Proceso	Salida de Efluente: Brida de 4" ANSI 150#
Composición: 98.00%	
Temp. operación (°C) Diseño 60 Operación 25	Medios Filtrantes
Presion de operación (bar) Diseño 10 Operación 2.1	Discos con elices 130 µr
Construcción	
Tipo vertical	
Diametro (m) 0.15	
Altura (m) 0.40	

Materiales					
Cuerpo	Polipropileno	Tapa	Polipropileno	Tubería Int.	No aplica
Base	Polipropileno	Partes Int.	Polipropileno	Boquillas	No aplica
Cabezal de entrada	Polipropileno	Escalera	No aplica	Soportes	No aplica



- (A) 3" Drainage manifold
Colector drenaje 3"
- (B) 4" Inlet manifold
Colector entrada 4"
- (C) 4" Outlet manifold
Colector salida 4"



REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
1	sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

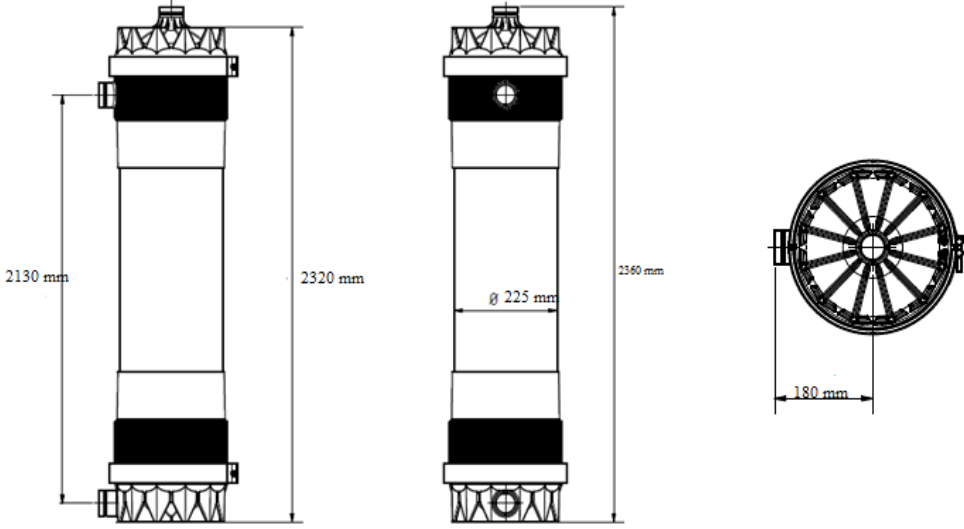
		HOJA DE DATOS DEL MODULO DE MEMBRANA DE ULTRAFILTRACION (AB 130 A/B)				DOCUMENTO:	PLANTA RO
						PROYECTO:	N30-023
						REVISION:	1
						FECHA:	sep-15

Sitio:	PUEBLA, PUEBLA	No. De equipos requeridos:	12 (DOCE)
Servicio:	ELIMINA SOLIDOS	Tipo de proceso:	ULTRAFILTRACION
Fabricante:	DOW	Tipo:	VERTICAL
Modelo:	IP-77-12	TAG:	30-UF-D01/E01

Datos de proceso		Características	
Capacidad m3/h Nominal	60.00	Operación	
Fluido:	Agua de Proceso		
Composición:	Agua: 99% Solidos: 0.1 %		
Presion nominal (barg)	2.1	3	
Temperatura operación (°C)	1-40		
Construcción			
Tipo	vertical		
Altura max (mm)	2360.00		
Altura (mm)	2000.00		
Díametro (mm)	225.00		
		Tipo de membrana	Fibra Hueca
		Material de la membrana	Fluoruro de polivinilideno hidrofílico
		Díametro externo/interno	1.30 mm/0.7 mm
		Presion de rotura	≥ 1200 kPa (12 bar)
		Modo de operación	Dead-End/Cross-flow
		Presion transmembrana, filtración	2.1 bar
		Presion transmembrana, retrolavado	50-200kPa (0.5-2bar)
		Químicos para limpieza	NaOCl, HCl, NaOH, acido citrico u oxalico.
		pH	2-11

Materiales			
Cuerpo	PVC	Tapa	PVC
Base	PVC	Partes Int.	No aplica
Cabezal de entrada	PVC	Escalera	No aplica
		Tubería Int.	No aplica
		Boquillas	No aplica
		Soportes	No aplica

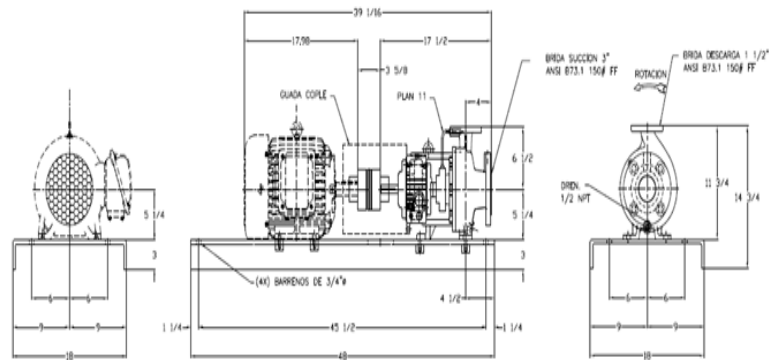
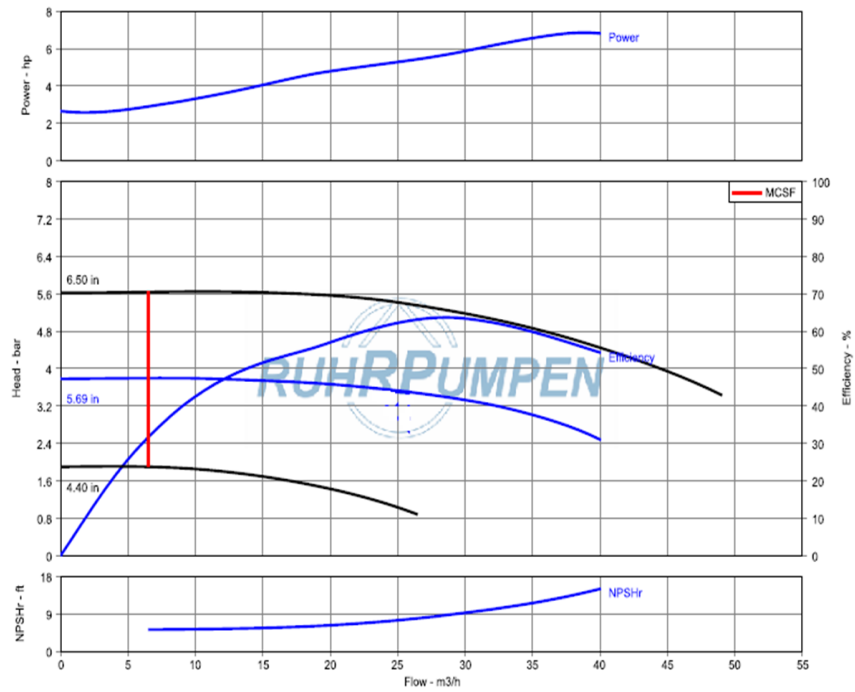
DIMENSIONES



REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	21-sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO AGUA A O. I. 30 - BC - B01						DOCUMENTO:	PLANTA RO																		
Sitio: PUEBLA, PUEBLA Servicio: SUMINISTRO Fabricante: RUHRPUMPEN Modelo: _____ TAMAÑO: CCP 3X1.5X6 (OH1) No. Eq. requeridos Tipo de Proceso Tipo TAG CODIGO DE DISEÑO: 1 (UNA) TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL CENTRIFUGA HORIZONTAL 30 - BC -B01 ASME						PROYECTO:	N30-023																		
REVISIÓN:						1																			
FECHA:						sep-15																			
CONDICIONES DE OPERACIÓN						COMPORTAMIENTO																			
LÍQUIDO: AGUA DE U. F. FLUJO NORMAL: 35.89 m3/h CAUDAL NOMINAL: 33.58 m3/h FLUJO MAX.: 38.35 m3/h PRESION MAXIMA: 5.6 bar TEMPERATURA: 68°F GRAVEDAD ESPECIFICA: 1 VISCOSIDAD: 1cP EFICIENCIA: 62.63%						RPM: 3550 rpm NPSH REQ: 10.85 ft N° DE PASOS: 1 EFI DE DISEÑO: 67% ALTURA MAX./D. NOM.: 189.2 bar RELACION DE FLUJO: 100.00% BEP (Mejor punto de ef.): 33.58 m3/h FLUJO MIN CONTINUO: 3.08 m3/h ROTACION VISTA DEL L: DER.																			
CONSTRUCCION						MOTOR																			
MONTAJE: PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☐ CORTE: RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA: SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS: VENTEO ☒ DREN ☐ CHAQUETA: CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐						TIPO: TEFC FABRICANTE: SIEMENS POTENCIA: 10 HP RPM: 3600 ARMAZON: ACERO AL CARBON VOLTS/FASES/CICLOS: 230-460V/ 3F/ 60 HZ. EFICIENCIA: PREMIUM FACTOR SERVICIO: 1.15																			
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>BOQUILLAS</th> <th>TAMAÑO</th> <th>RANGO ASA</th> <th>CARA</th> <th>NORMA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td>3"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>AL FRENTE</td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td>1 1/2"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>HACIA ARRIBA</td> </tr> </tbody> </table>						BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION	SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE	DESCARGA	1 1/2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA		
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION																				
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE																				
DESCARGA	1 1/2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA																				
DIAM. IMP. DIS: 6.50 in Ø IMP. MAX: 6.5 Ø IMP MIN.: 4.4 in AXIAL: SKF-5309																									
TIPO RODAMIENTO: DE BOLAS LUBRICACION: POR ACEITE																									
MATERIALES DE CONSTRUCCION						PESOS																			
CARCAZA: ACERO IMPULSOR: ACERO AL CARBON CUBRECOPLE: ACERO ASTM A-36 FLECHA: ACERO AL CARBON PORTABALEROS: FE.FO., CLASE 30 ASTM						MOTOR: 83 KG BOMBA: 108 KG BASE: 105 KG COPE: 6 KG TOTAL: 302 KG																			
OBSERVACIONES:																									
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO																				
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																				

Curva de Operación de la Bomba



Dimensiones de la Bomba

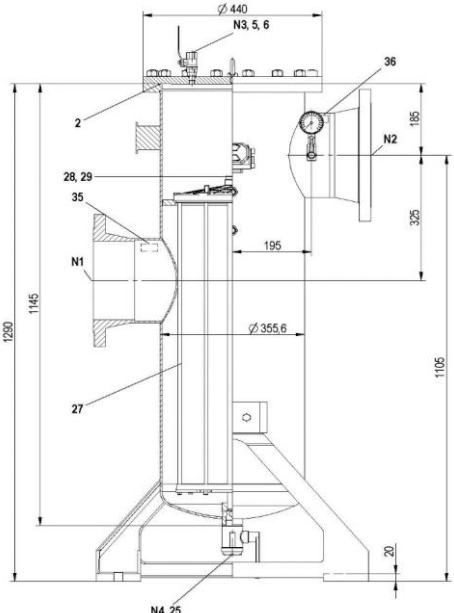
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

	HOJA DE DATOS DE FILTROS CARTUCHO (40-FC-A01 / 40-FC-D01/DO2)			DOCUMENTO:	PLANTA R. O.
				PROYECTO:	N30-023
				REVISION:	1
				FECHA:	sep-15

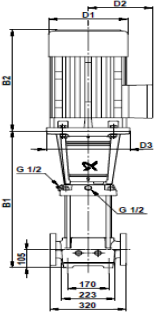
Síto:	PUEBLA, PUEBLA	No. De equipos requeridos:	3 (TRES)
Servicio:	SEPARAR SOLIDOS MAYORES A 1 µm	Tipo de proceso:	FILTRACION
Fabricante:	GELMAN SCIENCES	Tipo:	VERTICAL
Modelo:	12 R 40	TAG:	AB 110 A/B

Datos de proceso		Características	
Capacidad m³/h	Nominal 300.0 Operación 300.0	Entrada de Influyente	Brida de 3" ANSI 150#
Fluido:	Solucion de limpieza, efluente de U.F.	Salida de Efluente:	Brida de 3" ANSI 150#
Composición:	99.90%		
Temp. operación (°C)	Diseño 38 Operación 25		
Presion de operación (bar)	Diseño 10 Operación 1		
Construcción		Medios Filtrantes	Cantidad
Tipo	vertical	Filtros cartucho 1 µm	12
Diametro (m)	0.44	Area superficial total	
Altura (m)	1.29	31720 m2	

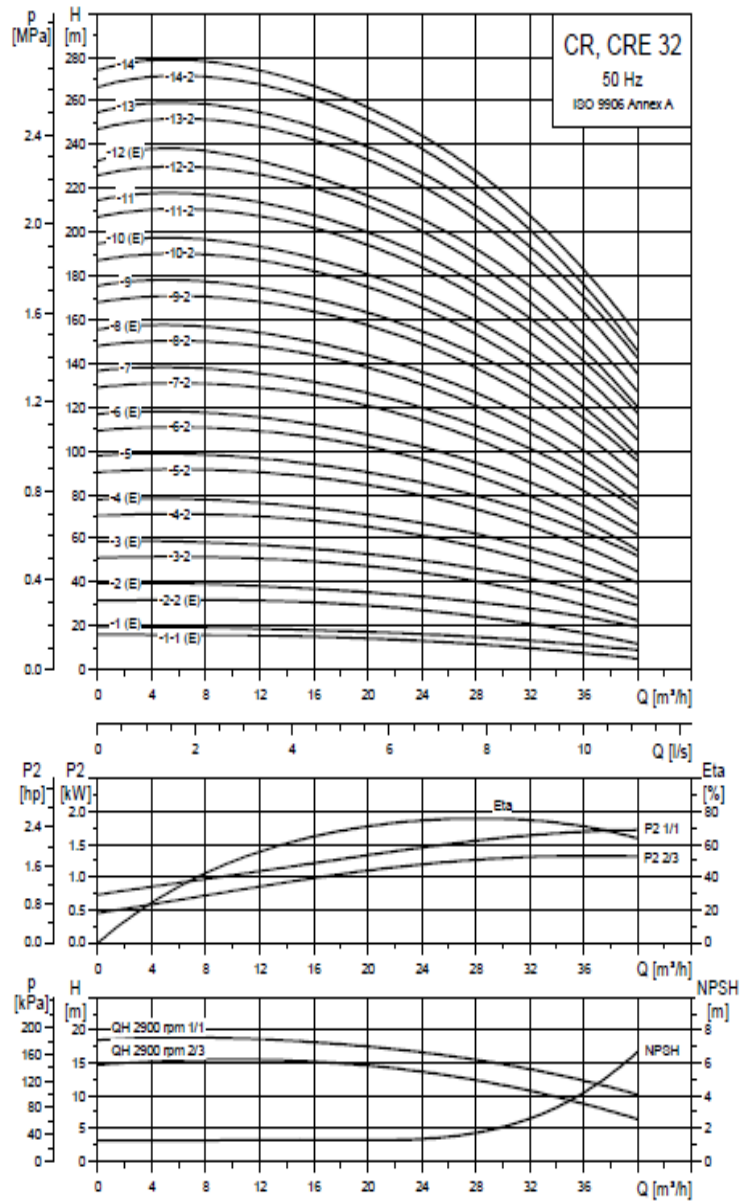
Materiales			
Cuerpo	Acero inoxidable	Tapa	Acero inoxidable
Base	Acero inoxidable	Partes Int.	Acero inoxidable 304
Cabezal de entrada	Acero inoxidable	Escalera	No aplica
		Tubería Int.	No aplica
		Boquillas	No aplica
		Soportes	No aplica



REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
1	sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

 HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO A OSMOSIS INVERSA 40 - BAP-01						DOCUMENTO:	PLANTA RO																		
Sitio: PUEBLA, PUEBLA				No. Eq. requeridos		PROYECTO:	N30-023																		
Servicio: SUMINISTRO				Tipo de Proceso		REVISIÓN:	1																		
Fabricante: GRUNDFOS				Tipo		FECHA:	sep-15																		
Modelo: CRN 32-11 A-G-G-E-KUBE				TAG																					
TAMAÑO: 223x320x1925 mm				CODIGO DE DISEÑO:																					
						1 (UNA)																			
						SUMINISTRO DE AGUA A O. I.																			
						A																			
						40 - BAP -01																			
						ASME																			
CONDICIONES DE OPERACIÓN						COMPORTAMIENTO																			
LIQUIDO LIQUIDO BOMBEADO: AGUA DE U. F. CAUDAL NORMAL: 32 m3/h RANGO DE TEMP.: 0° - 120 °C CAUDAL MAXIMO: 40 m3/h TEMP. LIQUIDO: 20° C CAUDAL MINIMO: 15 m3/h DENSIDAD: 998.2 kg/m3 P. MAX. 28 bar						CAUDAL CALCULADO: 35.89 m3/h ALTURA RESULTANTE: 153 m IMPULSORES: 11 CIERRE: CUBE ETAPAS: 11																			
CONSTRUCCION																									
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☒ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☒ DREN ☐ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>BOQUILLAS</th> <th>TAMAÑO</th> <th>RANGO ASA</th> <th>CARA</th> <th>NORMA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td>2"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>AL FRENTE</td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td>3"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>HACIA ATRÁS</td> </tr> </tbody> </table>						BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION	SUCCION	2"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE	DESCARGA	3"	150#	LISA	ASME	HACIA ATRÁS		
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION																				
SUCCION	2"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE																				
DESCARGA	3"	150#	LISA	ASME	HACIA ATRÁS																				
TIPO RODAMIENTO DE BOLAS LUBRICACION POR ACEITE						MOTOR TIPO: MGE MONTAJE: Hasta 4 Kw: V18 a partir de 5.5 kW: V1 CLASE DE AISLAMIENTO: F CLASE DE RENDIMIENTO: EFF 2 TENSION NOMINAL: P2: 0.37-1.1 Kw : 1x200-240 V P2:11-22 Kw: 3x380-415 V FRECUENCIA: 50/60 Hz																			
PRUEBAS REQUERIDAS																									
REQUERIDAS																									
HIDROSTATICA ☐ COMPORTAMIENTO ☐																									
ATESTIGUADAS																									
PRUEBA HIDROSTATICA ☐ PRESION ☐ MAX. PRES PERMISIBLE ☐																									
MATERIALES DE CONSTRUCCION						PESOS																			
CARCAZA ACERO INOXIDABLE IMPULSOR ACERO AL CARBON FLECHA ACERO AL CARBON						PESO NETO 280 KG PESO BRUTO 280 KG VOLUMEN: 0.1373 m3																			
						137368000 1000 137368 1000000 0.137368																			
REV	FECHA	DESCRIPCION		ELABORO	REVISO	APROBO																			
1	25/08/2015	REVISION		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																			

Curvas de las bombas



REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

 HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO A OSMOSIS INVERSA 41 - BAP-01						DOCUMENTO:	PLANTA RO
Sitio: PUEBLA, PUEBLA				No. Eq. requeridos		PROYECTO:	N30-023
Servicio: SUMINISTRO				Tipo de Proceso		REVISIÓN:	1
Fabricante: GRUNDFOSS				Tipo		FECHA:	sep-15
Modelo: CRN 20-10 A-G-G-E-KUBE				TAG		1 (UNA)	
TAMAÑO: 261x200x1386 mm				CODIGO DE DISEÑO:		SUMINISTRO DE AGUA A O. I.	
						A	
						41 - BAP -01	
						ASME	

CONDICIONES DE OPERACIÓN						COMPORTAMIENTO	
LIQUIDO						CAUDAL CALCULADO:	24.4 m³/h
LIQUIDO BOMBEADO:	AGUA DE ETAPA 1 O. I.	CAUDAL NORMAL:	24.04	m³/h		ALTURA RESULTANTE:	153 m
RANGO DE TEMP.:	0°- 120 °C	CAUDAL MAXIMO:	29	m³/h		IMPULSORES:	10
TEMP. LIQUIDO:	20° C	CAUDAL MINIMO:	11	m³/h		CIERRE:	CUBE
DENSIDAD:	998.2 kg/m³					ETAPAS:	10
P. MAX.	25 bar						

CONSTRUCCION					
MONTAJE	PIE	☒ LINEA DE CENTRO	☒ VERTICAL	☒	
CORTE	RADIAL	☐ AXIAL	☒	☒	
TIPO VOLUTA	SENCILLA	☒ DOBLE	☐	☐	
BARRENOS	VENTEO	☒ DREN	☐	☐	
CHAQUETA	CARCAZA	☐ CUBIERTA	☐	☐	

BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE
DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA

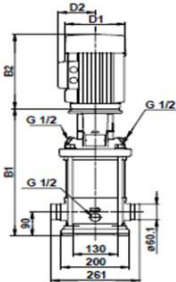
TIPO RODAMIENTO	
DE BOLAS	
LUBRICACION	
POR ACEITE	

MATERIALES DE CONSTRUCCION	
CARCAZA	ACERO INOXIDABLE
IMPULSOR	ACERO AL CARBON
FLECHA	ACERO AL CARBON

MOTOR	
TIPO:	MG
MONTAJE:	Hasta 4 Kw, V16 a partir de 5.5Kw, V1
CLASE DE AISLAMIENTO:	F
CLASE DE RENDIMIENTO:	EFF 1 (0.37-0.75 Kw)
TENSION NOMINAL:	3 X 220 /440/380-415V
FRECUENCIA:	50 Hz

PRUEBAS REQUERIDAS	
REQUERIDAS	
HIDROSTATICA	☐
ATESTIGUADAS	
PRUEBA HIDROSTATICA	☐
PRESION	☐
MAX. PRES PERMISIBLE	☐

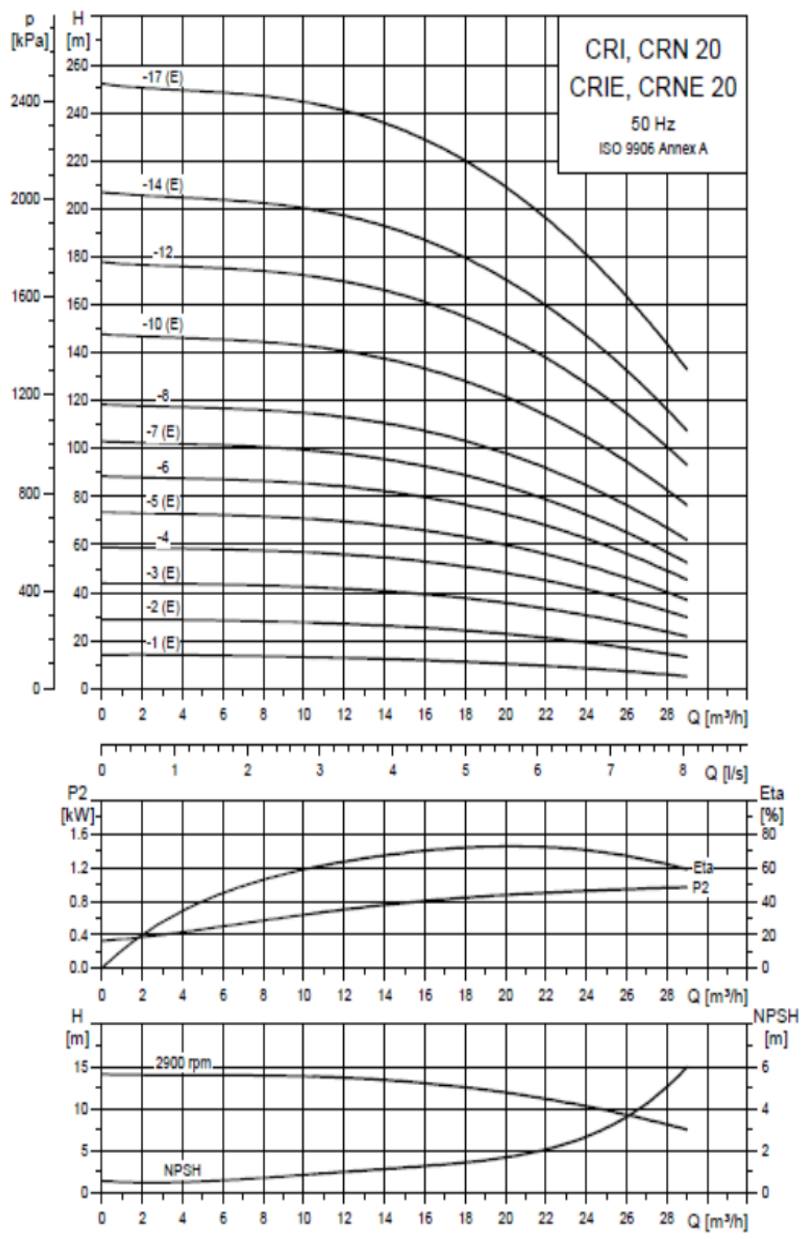
PESOS	
PESO NETO	178 KG
PESO BRUTO	178 KG
VOLUMEN:	7234.9 m³



B1+B2=1386 mm

REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

Curvas de las bombas



REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

 HOJA DE DATOS DE MEMBRANA DE OSMOSIS INVERSA (40-OI-01 / 41-OI-01) 		DOCUMENTO:	PLANTA RO
		PROYECTO:	N30-023
		REVISION:	1
		FECHA:	sep-15

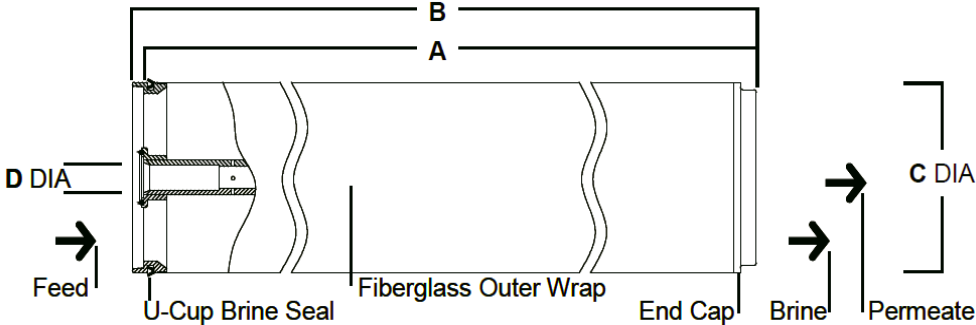
Síto: PUEBLA, PUEBLA	No. De equipos requeridos: 54 (CINCUENTA Y CUATRO)
Servicio: ELIMINA SALES Y MATERIA ORGANICA	Tipo de proceso: OSMOSIS INVERSA
Fabricante: TORAY	Tipo: VERTICAL
Modelo: TM720-400	TAG: 40-OI-01 / 41-OI-01

Datos de proceso	Características
Capacidad m ³ /h Nominal: - Operación: 18.0	Tipo de membrana: Espiral
Fluido: AGUA DE ULTRAFILTRACION	Material de la membrana: Poliamida
Composición: -	Area efectiva: 400 ft² (37 m²)
Presion nominal (barg): 12	Presion de rotura: 600 psig (41 bar)
Temperatura operación (°C): 20 max 41	Modo de operación: Continua
Construcción	Máxima caída de Presión: 15 psig (1.0 bar)
Tipo: vertical	Rango de pH en operación: 2-11
Longitud max (m): 1.03	Rango de pH durante limpieza: 1-12
Longitud (m): 1.02	Máximo índice SDI: 5
Diametro (m): 0.20	Tolerancia Cloro Libre: <0.1 ppm

Materiales					
Cuerpo	Fibra de Vidrio	Tapa	PVC	Tubería Int.	No aplica
Base	PVC	Partes Int.	No aplica	Boquillas	No aplica
Cabezal de entrada	PVC	Escalera	No aplica	Soportes	No aplica

DIMENSIONES

A	B	C	D
40 in	40.5 in	7.9 in	1.125 in
1016 mm	1029 mm	201 mm	29 mm



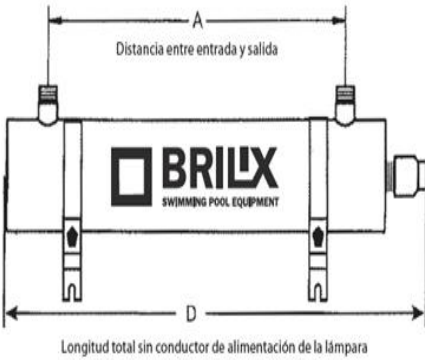
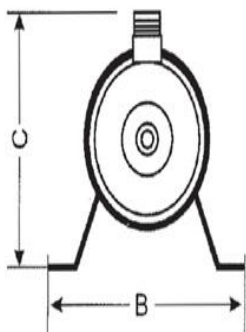
REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	18-sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

		HOJA DE DATOS DE LAMPARA U. V. (40-UV-F01)				DOCUMENTO:		PLANTA RO	
						PROYECTO:		N30-023	
						REVISION:		1	
						FECHA:		sep-15	

Sítio: PUEBLA, PUEBLA		No. De equipos requeridos: 1 (UNO)	
Servicio: ELIMINA BACTERIAS		Tipo de proceso: TRATAMIENTO DE AGUA RECIDUAL	
Fabricante: BRIL'X		Tipo: HORIZONTAL	
Modelo: SP-V		TAG: 40-UV-FO1	

Datos de proceso				Características	
Capacidad m ³ /h Nominal	20.00	Operación	18.0	TIPO	SP-V
Fluido:	AGUA DE OSMOSIS INVERSA			VOLTAJE	230 V
Composición:	No aplica			ALIMENTACION	85 W
Presion nominal (barg)	2.5			PASO MAXIMO	20000 l/h
Temperatura operación (°C)	20	max 41		PRESION MAXIMA	3 BAR
Construcción				LONGITUD DE ONDA	253.7 nm
Tipo	Horizontal			INTERIOR	RETROSCOPICO
Longitud max (m)	0.93			VIDA UTIL	8000 h
Longitud (m)	0.93				
Diametro (m)	-----				

Materiales					
Cuerpo	ACERO INOXIDABLE	Tapa	-----	Tubería Int.	1 1/2"
Base	ACERO INOXIDABLE	Partes Int.	-----	Boquillas	No aplica
Cabezal de entrada	PVC	Escalera	No aplica	Soportes	ACERO GALVANIZADO

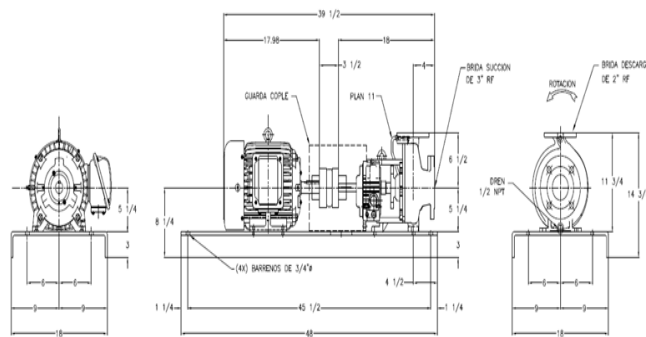
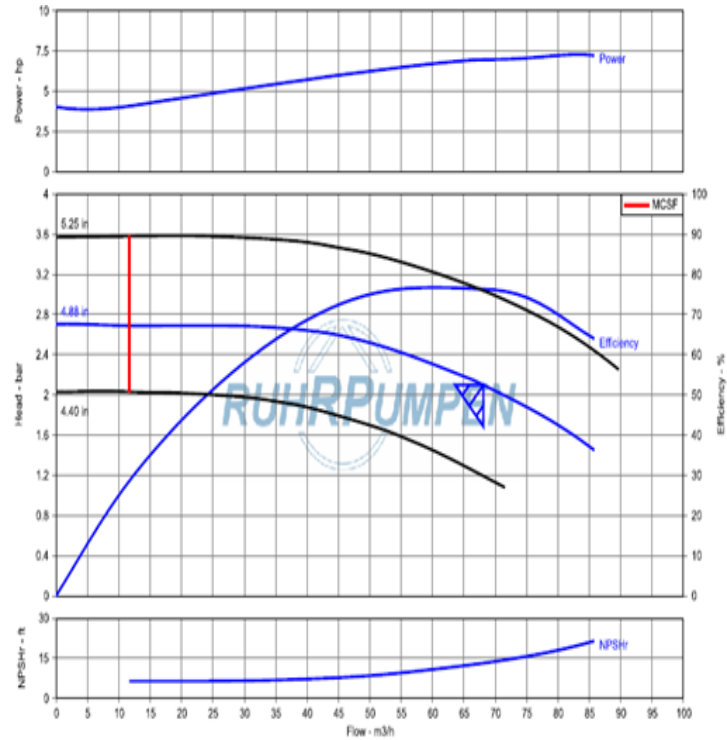



MODELO	A	B	C	D	DIMENSION DE ENTRADA Y SALIDA
SP-V	786 mm	175 mm	155 mm	930 mm	1 1/2"

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	18-sep-15		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

		HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO LIMPIEZA CIP 40 - BC - D01				DOCUMENTO:	PLANTA RO
Sitio: PUEBLA, PUEBLA		No. Eq. requeridos		2 (DOS)		PROYECTO:	N30-023
Servicio: SUMINISTRO		Tipo de Proceso		TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL		REVISIÓN:	1
Fabricante: RUHRPUMPEN		Tipo		CENTRIFUGA HORIZONTAL		FECHA:	sep-15
Modelo: CPP21 3X2X5 (OH1)		TAG		40 - BC -D01			
TAMAÑO		CODIGO DE DISEÑO:		ASME			
CONDICIONES DE OPERACIÓN						COMPORTAMIENTO	
LIQUIDO:	AGUA D. I.	FLUJO NORMAL:	68.1	m3/h	RPM:	3550 rpm	
CAUDAL NOMINAL	68.1 m3/h	FLUJO MAX.:	68.1	m3/h	NPSH REQ:	13.20 ft	
PRESION DIFERENCIAL	2.10 BAR				Nº DE PASOS:	1	
TEMPERATURA	68°F				EFI DE DISEÑO:	76%	
GRAVEDAD ESPECIFICA	1				ALTURA MAX./D. NOM.:	2.70 BAR	
VISCOSIDAD	1cP				RELACION DE FLUJO:	113.59%	
EFICIENCIA	76.25%				BEP (Mejor punto de ef.)	59.95 m3/h	
CONSTRUCCION						FLUJO MIN CONTINUO:	59.95 m3/h
MONTAJE	PIE	☒ LINEA DE CENTRO CENTRO	☒ VERTICAL	☐	ROTACION VISTA DEL L	DER.	
CORTE	RADIAL	☐ AXIAL	☒	☐			
TIPO VOLUTA	SENCILLA	☒ DOBLE	☐	☐			
BARRENOS	VENTEO	☒ DREN	☐	☐			
CHAQUETA	CARCAZA	☐ CUBIERTA	☐	☐			
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION		
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE		
DESCARGA	2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA		
DIAM. IMP. DIS	4.88 in	Ø IMP. MAX	5.25				
Ø IMP MIN.	4.4 in	AXIAL	SKF-5309				
TIPO RODAMIENTO	DE BOLAS						
LUBRICACION	POR ACEITE						
						MOTOR	
						TIPO	TEFC
						FABRICANTE	SIEMENS
						POTENCIA	7.5 HP
						3600	ARMAZON ACERO AL CARBON
						VOLTS/FASES/CICLOS:	
						230-460V/ 3F/ 60 HZ.	
						EFICIENCIA	PREMIUM
						FACTOR SERVICIO:	1.15
						PRUEBAS REQUERIDAS	
						REQUERIDAS	
						HIDROSTATICA	☐
						COMPORTAMIENTO	☐
						NPSH	☐
						ATESTIGUADAS	
						PRUEBA HIDROSTATICA	☐
						PRESION	☐
						MAX. PRES PERMISIBLE	☐
MATERIALES DE CONSTRUCCION						PESOS	
CARCAZA	ACERO	IMPULSOR	ACERO AL CARBON	MOTOR	83 KG		
CUBRECOPLE	ACERO ASTM A-36	FLECHA	ACERO AL CARBON	BOMBA	108 KG		
PORTABALEROS	FE.FO., CLASE 30 ASTM			BASE	105 KG		
				COPE	6 KG		
				TOTAL:	302 KG		
OBSERVACIONES:							
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO		
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.		

Curva de Operación de la Bomba



Dimensiones de la Bomba

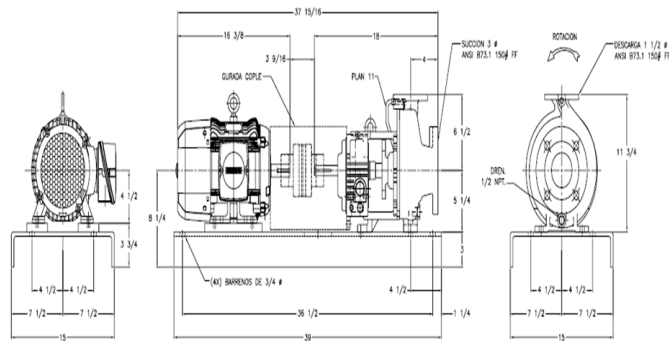
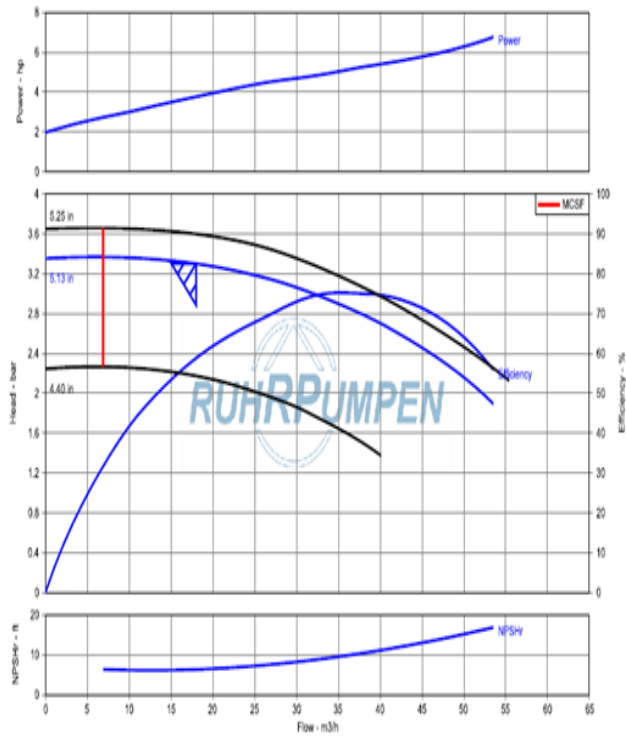
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

HOJA DE DATOS DE BOMBA DOSIFICADORAS 30-BD-E01/02 40-BD-E01/02/03/04/05/06/07/08				DOCUMENTO:	PLANTA RO
Sito: PUEBLA, PUEBLA Servicio: SUMINISTRO DE PRODUCTOS QUIMICOS Fabricante: PROMINENT Modelo: 1000 TAMAÑO: No. Eq. requeridos Tipo de Proceso Tipo TAG CODIGO DE DISEÑO: 10 (DIES) TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL BOMBA DE DOSIFICACION 30-BD-E01/02, 40-BD-E01/02/03/04/05/06/07/08 ASME				PROYECTO:	N30-023
REVISIÓN:				1	
FECHA:				sep-15	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			COMPORTAMIENTO		
TIPO DE LA BOMBA 1000 NUMERO DE PRESION PREVIA 8 BAR CAUDAL MIN. A 10 BAR CARRERAS MAX. 180 Carreras/min ADM. LADO CONTRAPRESION MAX. 0.6 l/h Conexión D. ext. X ASPIRACION 0.07 ml/carrera D. int 6 X 4 mm CAUDAL MIN. A 5 BAR ALTURA DE 6 m. c. a. CONTRAPRESION 0.8 l/h ASPIRACION* MEDIA 0.08 ml/carrera ALTURA DE ASPIRACION** 1.8 m. c. a.			RPM: '..... NPSH REQ: '..... Nº DE PASOS: '..... EFI DE DISEÑO: '..... ALTURA MAX./D. NOM.: '..... RELACION DE FLUJO: '..... BEP (Mejor punto de ef.) '..... FLUJO MIN CONTINUO: '..... ROTACION VISTA DEL L: '.....		
CONSTRUCCION			DATOS ELECTRICOS		
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☐ VERTICAL ☐ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☐ TIPO VOLUTA SENCILLA ☐ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☐ DREN ☐ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐			FRECUENCIA DE LA RED 50 Hz / 60 Hz VARIANTE 230 V/C. A. CNPa POTENCIA NOMINAL 10 W FUSIBLE 0.16 AT		
DIMENSIONES DE LAS BOMBAS			PRUEBAS REQUERIDAS		
			REQUERIDAS HIDROSTATICA ☐ COMPORTAMIENTO ☐ ATESTIGUADAS PRUEBA HIDROSTATICA ☐ PRESION ☐ MAX. PRES PERMISIBLE ☐		
MATERIALES DE CONSTRUCCION			PESOS		
CARCAZA PPE, REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO IMPULSOR '..... CUBRECOPLE '..... FLECHA '..... PORTABALEROS '.....			MOTOR '..... BOMBA '..... BASE '..... COPLER '..... TOTAL: 1.8 KG		
OBSERVACIONES: * Alturas de aspiración con tubería de aspiración y unidad de transporte llenas. ** Alturas de aspiración con válvulas limpias y húmedas, con medio de dosificación agua (20 °C), con longitud de carrera 100 %, 180 carreras/min, salida libre o válvula de desaireación abierta y tuberías correctamente instaladas.					
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.

HOJA DE DATOS DE BOMBA DOSIFICADORAS 30-BD-E03/04				DOCUMENTO:		PLANTA RO																																														
				PROYECTO:		N30-023																																														
				REVISIÓN:		1																																														
				FECHA:		sep-15																																														
Sito: PUEBLA, PUEBLA Servicio: SUMINISTRO DE PRODUCTOS QUIMICOS Fabricante: WILDEN Modelo: P. 025 TAMAÑO: 163X114X145 (mm)		No. Eq. requeridos Tipo de Proceso Tipo TAG CODIGO DE DISEÑO:		2 (DOS) TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL BOMBA DE DOSIFICACION 30-BD-E03 / 04 ASME																																																
CONDICIONES DE OPERACIÓN				COMPORTAMIENTO																																																
TIPO DE LA BOMBA NEUMATICA ENTRADA DE AIRE 3 mm SUCCION 6 mm DESCARGA 6 mm LONGITUD DE SUCCION (SECO) 2.7 m LONGITUD DE SUCCION (HUMEDO) 9.45 m DESPLAZAMIENTO POR GOLPE 0.02 lt VELOCIDAD MAXIMO DE FLUJO 18.1 lpm TAMAÑO MAXIMO DE SOLIDOS 0.4 mm				RPM: NPSH REQ: Nº DE PASOS: EFI DE DISEÑO: ALTURA MAX./D. NOM.: RELACION DE FLUJO: BEP (Mejor punto de ef.) FLUJO MIN CONTINUO: ROTACION VISTA DEL L:																																																
CONSTRUCCION				DATOS ELECTRICOS																																																
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☐ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☒ DREN ☒ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐				ENTRADAQ DE AIRE VARIANTE 230 V/C. A. POTENCIA NOMINAL FUSIBLE																																																
DIMENSIONES DE LAS BOMBAS				PRUEBAS REQUERIDAS																																																
<table border="1" style="margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>ITEM</th> <th>METRIC (mm)</th> <th>STANDARD (Inch)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>A</td><td>145</td><td>5.7</td></tr> <tr><td>B</td><td>25</td><td>1.0</td></tr> <tr><td>C</td><td>94</td><td>3.7</td></tr> <tr><td>D</td><td>140</td><td>5.5</td></tr> <tr><td>E</td><td>163</td><td>6.4</td></tr> <tr><td>F</td><td>56</td><td>2.2</td></tr> <tr><td>G</td><td>30</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>H</td><td>30</td><td>1.2</td></tr> <tr><td>J</td><td>114</td><td>4.5</td></tr> <tr><td>K</td><td>61</td><td>2.4</td></tr> <tr><td>L</td><td>74</td><td>2.9</td></tr> <tr><td>M</td><td>53</td><td>2.1</td></tr> <tr><td>N</td><td>64</td><td>2.5</td></tr> <tr><td>P</td><td>Ø13</td><td>Ø.5</td></tr> </tbody> </table>				ITEM	METRIC (mm)	STANDARD (Inch)	A	145	5.7	B	25	1.0	C	94	3.7	D	140	5.5	E	163	6.4	F	56	2.2	G	30	1.2	H	30	1.2	J	114	4.5	K	61	2.4	L	74	2.9	M	53	2.1	N	64	2.5	P	Ø13	Ø.5				
ITEM	METRIC (mm)	STANDARD (Inch)																																																		
A	145	5.7																																																		
B	25	1.0																																																		
C	94	3.7																																																		
D	140	5.5																																																		
E	163	6.4																																																		
F	56	2.2																																																		
G	30	1.2																																																		
H	30	1.2																																																		
J	114	4.5																																																		
K	61	2.4																																																		
L	74	2.9																																																		
M	53	2.1																																																		
N	64	2.5																																																		
P	Ø13	Ø.5																																																		
MATERIALES DE CONSTRUCCION				PESOS																																																
CARCAZA POLIPROPILENO Y POLIFLUORURO DE VINILIDENO CUBRECOPLE PORTABALEROS				IMPULSOR FLECHA POLIPROPILENO 1.4 KG POLIFLUORURO DE VINILIDENO 1.4 KG BASE COPE TOTAL: 2.8 KG																																																
OBSERVACIONES:																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>REV</th> <th>FECHA</th> <th>DESCRIPCION</th> <th>ELABORO</th> <th>REVISO</th> <th>APROBO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>25/08/2015</td> <td></td> <td>E. G. V.</td> <td>L. A. C. H.</td> <td>L. A. C. H.</td> </tr> </tbody> </table>								REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO	1	25/08/2015		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																																	
REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO																																															
1	25/08/2015		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																																															

		HOJA DE DATOS DE BOMBA SUMINISTRO AGUA DI 40 - BC - E02 / 03				DOCUMENTO:	PLANTA RO																		
Sitio: PUEBLA, PUEBLA		No. Eq. requeridos		2 (DOS)		PROYECTO:	N30-023																		
Servicio: SUMINISTRO		Tipo de Proceso		TRATAMIENTO AGUA RESIDUAL		REVISIÓN:	1																		
Fabricante: RUHRPUMPEN		Tipo		CENTRIFUGA HORIZONTAL		FECHA:	sep-15																		
Modelo:		TAG		40 - BC - E02 / 03																					
TAMAÑO CPP21 3X1.5X5 (OHL)		CODIGO DE DISEÑO:		ASME																					
CONDICIONES DE OPERACIÓN				COMPORTAMIENTO																					
LIQUIDO: AGUA D. I. FLUJO NORMAL: 18 m3/h CAUDAL NOMINAL 18 m3/h FLUJO MAX.: 18 m3/h PRESION DIFERENCIAL 3.30 BAR TEMPERATURA 68°F GRAVEDAD ESPECIFICA 1 VISCOSIDAD 1cP EFICIENCIA 58.80%				RPM: 3530 rpm NPSH REQ: 2.29 ft N° DE PASOS: 1 EFI DE DISEÑO: 59% ALTURA MAX./D. NOM.: 3.37 BAR RELACION DE FLUJO: 51.79% BEP (Mejor punto de ef.) 34.75 m3/h FLUJO MIN CONTINUO: 6.90 m3/h ROTACION VISTA DEL L DER.																					
CONSTRUCCION				MOTOR																					
MONTAJE PIE ☒ LINEA DE CENTRO CENTRO ☒ VERTICAL ☐ CORTE RADIAL ☐ AXIAL ☒ TIPO VOLUTA SENCILLA ☒ DOBLE ☐ BARRENOS VENTEO ☒ DREN ☐ CHAQUETA CARCAZA ☐ CUBIERTA ☐				TIPO TEFC FABRICANTE SIEMENS POTENCIA 5 HP 3600 ARMAGON ACERO AL CARBON VOLTS/FASES/CICLOS: 230-460V/ 3F/ 60 HZ. EFICIENCIA PREMIUM FACTOR SERVICIO: 1.15																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>BOQUILLAS</th> <th>TAMAÑO</th> <th>RANGO ASA</th> <th>CARA</th> <th>NORMA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td>3"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>AL FRENTE</td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td>1 1/2"</td> <td>150#</td> <td>LISA</td> <td>ASME</td> <td>HACIA ARRIBA</td> </tr> </tbody> </table>				BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION	SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE	DESCARGA	1 1/2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA				
BOQUILLAS	TAMAÑO	RANGO ASA	CARA	NORMA	POSICION																				
SUCCION	3"	150#	LISA	ASME	AL FRENTE																				
DESCARGA	1 1/2"	150#	LISA	ASME	HACIA ARRIBA																				
DIAM. IMP. DIS 5.13 in Ø IMP. MAX 5.25 Ø IMP MIN. 4.4 in AXIAL SKF-5309 TIPO RODAMIENTO DE BOLAS LUBRICACION POR ACEITE				PRUEBAS REQUERIDAS																					
				REQUERIDAS HIDROSTATICA ☐ COMPORTAMIENTO ☐ NPSH ☐ ATESTIGUADAS PRUEBA HIDROSTATICA ☐ PRESION ☐ MAX. PRES PERMISIBLE ☐																					
MATERIALES DE CONSTRUCCION				PESOS																					
CARCAZA ACERO CUBRECOPLE ACERO ASTM A-36 PORTABALEROS FE.FO., CLASE 30 ASTM				IMPULSOR ACERO AL CARBON FLECHA ACERO AL CARBON																					
				MOTOR 83 KG BOMBA 108 KG BASE 105 KG COUPLE 6 KG TOTAL: 302 KG																					
OBSERVACIONES:																									
_____ _____ _____																									
REV	FECHA	DESCRIPCION		ELABORO	REVISO	APROBO																			
1	25/08/2015	REVISION		E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.																			

Curva de Operación de la Bomba



Dimensiones de la Bomba

REV	FECHA	DESCRIPCION	ELABORO	REVISO	APROBO
1	25/08/2015	REVISION	E. G. V.	L. A. C. H.	L. A. C. H.