



**GUIA PARA EL MANEJO
DE AGUAS DE PROCESO Y DE SERVICIOS**



**ACUERDO DE PRODUCCIÓN LIMPIA
SECTOR GALVANIZADO.**

**Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas.
ASIMET**

Preparado por



C y V Medioambiente Ltda.

CONTENIDOS

1. MANEJO DE AGUAS DE PROCESO	3
1.1 Brechas detectadas	5
1.2 Permisos sectoriales para residuos líquidos	5
1.3 Contenidos del informe técnico para la calificación como establecimiento industrial	6
2 ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE Y REDUCCIÓN DE USO DE AGUAS DE PROCESO	10
2.1 Reducir arrastre de soluciones.....	14
2.2 Optimización del uso de baños de enjuague.....	15
2.3 Sistemas de reutilización de agua	21
2.4 Aumento vida útil baños de desengrase	23
2.5 Aumento vida útil baños de decapado.....	24
2.6 Optimización de la concentración de ácido en baños de decapado.....	25
3. ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA DE SERVICIOS.....	26
3.1 Reducir el caudal de las llaves	26
3.2 Reducir el caudal de las duchas.....	29
3.3 Reparar fugas en el sistema de suministro de agua.....	31
3.4 Usar válvulas de cierre automático en los urinarios	31

1. MANEJO DE AGUAS DE PROCESO

En el proceso de galvanizado se generan aguas residuales a partir de baños agotados, principalmente de decapado ya que las aguas de enjuague normalmente se reutilizan y los baños de desengrase y flux normalmente tienen un grado de descarte muy bajo. .

Dependiendo de la forma en que se manejan o gestionan los mismos se puede determinar si una empresa genera residuos líquidos o no.

Si estos residuos **se almacenan en contenedores apropiados y luego se envían a empresas de valorización o disposición final en dichos contenedores, pasan a ser catalogados como residuos sólidos** (en función del envase que los contiene). La empresa puede acreditar este tipo de manejo a través de las declaraciones de residuos sólidos realizadas a la Autoridad Sanitaria (SEREMI de Salud).

Pero si las aguas residuales se descargan a través del alcantarillado, a cursos de agua o se infiltran al suelo son catalogados como residuos líquidos que deben caracterizarse para determinar si cumplen o no la normativa respectiva.

Dicha caracterización determinará si la empresa queda o no catalogada como **establecimiento industrial (EI) generador de RILes**.

Un establecimiento industrial (EI) que genera RILes es aquel que, como resultado de su proceso, actividad o servicio, genera aguas residuales con una carga contaminante media diaria superior a la de una población de 100 habitantes, en uno o más de los parámetros indicados en las Tablas publicadas en cada Norma de Emisión.

Las acciones que permiten determinar y validar si una instalación genera y descarga o no residuos industriales líquidos son:

- **Identificar los distintos usos del agua en la instalación (servicios, proceso).**
- **Cuantificar el consumo de agua en sus distintos usos.**
- **Si se utiliza agua en los procesos determinar a qué volumen corresponde y si se mezcla con otros insumos o sustancias que generen carga contaminante. También es relevante determinar los consumos en otros usos distintos a producción.**
- **Finalmente se debe determinar el destino de las descargas según su uso (recuperación y reuso, reciclaje o eliminación en alcantarillado, suelo o cursos de agua)**

Para validar lo anterior se deben **generar y mantener registros de consumo**, como los que se indican en la siguiente tabla.

Tabla 1 Registro de consumos de agua

Mes	Consumo total (m³)	Uso en producción (m³)	Uso en servicios (m³)	Otros usos m³ (indicar cuales y %)	Destino agua		
					Reuso interno (indicar proceso)	Descarga al alcantarillado *	Otro destino descarga (indicar cuál) *
Total							

(*) Indicar si se incluye solo agua de servicios o también agua de proceso o de otros usos

A partir de los datos registrados será posible cuantificar indicadores de uso de agua como los siguientes y desarrollar un balance de masa para el agua utilizada:

consumo total	consumo servicios el personal	consumo producción	consumo otros usos	consumo/ton procesada
m3/hr	m3/hr	m3/hr	m3/hr	m3/ton

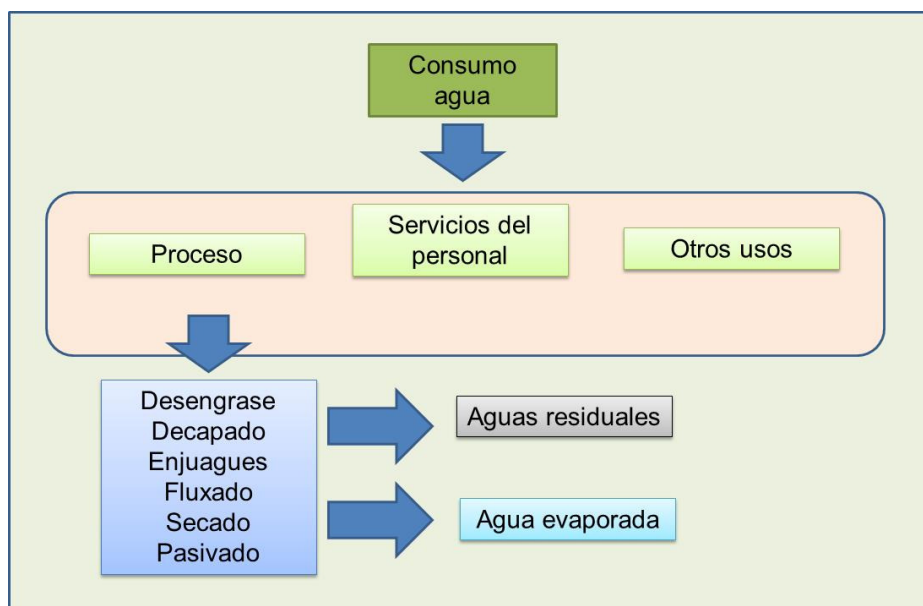


Figura 1 Balance de masa del agua

Los parámetros típicos de carga contaminante en la actividad de galvanizado (clasificada dentro del CIU 38196) son: caudal, pH, temperatura, sólidos suspendidos, aceites y grasas, hidrocarburos totales, y metales (Cd, CN, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn, Al, Mn) y sulfatos.

La tabla siguiente indica la carga contaminante diaria máxima de algunos de los parámetros mencionados, la que determina si una empresa clasifica o no como Establecimiento Industrial Generador de RILES en caso de superarlas.

Tabla 2 Carga contaminante media equivalente a una población de 100 habitantes

Parámetro	Carga contaminante media diaria (gr/día)
Sólidos Suspendidos	3520
Hidrocarburos totales	160
Aceites y grasas	960
Cromo total	1,6
Cromo +6	0,8
Cadmio	0,16
Níquel	1,6
Plomo	3,2
Zinc	16

1.1 BRECHAS DETECTADAS

Respecto al uso de agua, una gran parte de las empresas no cuenta con registros detallados de consumo y destino. En los casos particulares que indicaron descargas de residuos líquidos actualmente se están comenzando a evaluar soluciones de producción limpia junto a eliminación como residuo sólido.

Las instalaciones que descargan residuos líquidos al sistema de alcantarillado, deben cumplir con el D.S. MOP N° 609/98 si catalogan como establecimiento industrial que genera RILES, **a menos que cambien su sistema de manejo mediante la contención de estos líquidos en recipientes adecuados para su posterior gestión como residuos sólidos en instalaciones autorizadas, previa declaración.**

1.2 PERMISOS SECTORIALES PARA RESIDUOS LÍQUIDOS

Si se generan residuos líquidos y estos se descargan al alcantarillado, se debe presentar los resultados de la caracterización de los mismos a la Superintendencia de Servicios Sanitarios, SISS, para acreditar que se cumple con la normativa de descarga (D.S. MOP N°609/98) y obtener las calificaciones respectivas.

Si se generan residuos líquidos y estos se descargan a cursos de agua superficial o se infiltran, se debe presentar los resultados de la caracterización de los mismos a la Superintendencia de Medio Ambiente, SMA, para acreditar que se cumple con la normativa de descarga (DS. 90/00 o DS.46/02) y obtener las calificaciones respectivas.

Es importante destacar que cualquier modificación en el manejo de estos residuos o en su monitoreo debe ser informada a la autoridad que compete a cada materia.

De acuerdo al destino de descarga, los límites de concentración establecidos por las distintas normativas para algunos de los parámetros a medir son los siguientes:

Tabla 3 Concentración máxima permitida según normativa

Parámetro	Límites DS 609 descarga alcantarillado	Límites DS 90 descarga a cuerpos fluviales sin capacidad dilución	Límites descarga infiltración DS 46 (suelos vulnerabilidad media)
pH	5,5 -9,0	6.0 – 8.5	6 – 8.5
Sólidos Suspendidos (mg/L)	300	80	-
Cromo total (mg/L)	10	-	-
Cromo +6 (mg/L)	0,5	0,05	0,05
Hidrocarburos totales (mg/L)	20	-	-
Mercurio (mg/L)	0,02	0,001	0,001
Plomo (mg/L)	1	0,05	0,05
Temperatura	<35	< 35°C	-
Zinc	5	3	3

1.3 ANTECEDENTES DE LA CALIFICACION COMO ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

La caracterización de Riles corresponde a un proceso que permite determinar si la Actividad Económica (AE) desarrollada califica como Establecimiento Industrial (EI) (generador de Riles) o Simple Actividad Económica (SAE) (no generador de Riles)

El objetivo es determinar si las descargas de residuos líquidos de un proceso exceden o no los límites que definen la calificación de Establecimiento Industrial (EI) cuantificando, para cada parámetro definido en las respectivas normas de emisión su carga contaminante media diaria.

Para ello se debe presentar a la SISS el Formato Caracterización Riles D.S. MOP 609/98 el cual debe completarse en base al respectivo Instructivo, de acuerdo a lo indicado en la Resolución SISS 4275 del 29 de abril de 2014.

En dicho Instructivo se señala que:

“La Caracterización de los residuos industriales líquidos (Riles), tiene como objeto determinar la composición física y química de los efluentes residuales generados en un proceso productivo, realizar la evaluación del poder contaminante de cada uno de los parámetros que la componen y la determinación de los caudales vertidos. Para ello, es necesario conocer los niveles de concentración y/o cargas contaminantes generadas para cada parámetro involucrado, medidos en las condiciones más desfavorables desde el punto de vista de la emisión del residuo líquido.

La referida caracterización de Riles, deberá ser realizada por las Actividades Económicas (AE) que generan aguas residuales y que disponen dichas aguas en el sistema de alcantarillado

público de una determinada concesionaria sanitaria, y que por tanto deben dar cumplimiento al DS 609/98. Dicha caracterización deberá ser realizada considerando todos los parámetros establecidos en el punto 3.4 del referido Decreto, Tabla N° 1 o N° 2, según se trate de un servicio sanitario con población abastecida inferior o igual a 100.000 habitantes o de un servicio sanitario con población abastecida superior a 100.000 habitantes, respectivamente.”

El Formato Caracterización está constituido por las siguientes cuatro Tablas, que se detallan a continuación:

- Tabla N° 1: Datos de la instalación del E.I. en estudio y de la descarga.
- Tabla N°2: Estacionalidad del proceso productivo del E.I. en estudio y características de la descarga.
- Tabla N°3: Datos del muestreo.
- Tabla N°4A y 4B: Resultado del monitoreo para las descargas de residuos líquidos en el sistema de alcantarillado público, debe ser completada con los resultados obtenidos del análisis, de acuerdo a la tabla N°1 o N°2 del DS 609/98, según corresponda.

En los casos en que la Actividad Económica (AE) califique como Establecimiento industrial (EI), la SISS procederá a dictar la Resolución de Monitoreo correspondiente, en la que se establecerá el programa de autocontrol de Riles que debe ejecutar la industria.

El Formato Caracterización Riles D.S. MOP 609/98 y su respectivo instructivo se incluyen como anexos A y B de la presente guía.

 FORMATO: "CARACTERIZACIÓN DE RILES" D.S. MOP N°609/1998 	
Tabla N°1	
NOMBRE DE LA EMPRESA	(Nombre de la industria)
RUT_EMPRESA	(Rol Único Tributario más dígito verificador)
IDENTIFICADOR INTERNO SISS	(No llenar)
NOMBRE DE FANTASÍA	(Nombre de fantasía de la Empresa)
NOMBRE DE LA PLANTA	(Nombre que identifique la planta industrial o P.I.)
FACTURACIÓN TOTAL DEL AÑO ANTERIOR	UF
TAMAÑO DE LA INDUSTRIA (MARCAR CON X, SEGÚN CORRESPONDA)	1: Grande 2: Mediana 3: Pequeña
CIU DE LA INDUSTRIA	Número de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas que corresponden al Establecimiento Industrial la generación de Riles, por ejemplo un Hospital, Empresa Industrial. Dicho valor corresponderá, al indicado en http://www.sii.cl/catastro/codigos.htm)
CIU ASOCIADOS A LA GENERACIÓN DE RILES	(Número de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Actividades Económicas que corresponden a la generación de Riles, por ejemplo casino de un hospital, lavandería del hospital, proceso productivo generador de Riles de la empresa industrial. Dicho valor corresponderá, al indicado en http://www.sii.cl/catastro/codigos.htm)
DIRECCIÓN	(Nombre de la Calle, Número)
SECTOR	(Lugar donde se ubica la P.I., por ejemplo, Sector Molco, Camino Villarrica-Pucón)
COMUNA	(Comuna donde se ubica la P.I.)
PROVINCIA	(Provincia donde se ubica la P.I.)
REGIÓN	(Números arábigos de la región en que se ubica la P.I.)
FONO	(Números de teléfono de la P.I.)
FAX	(Números de Fax de la P.I.)
CASILLA O DIRECCIÓN POSTAL	(Número de la casilla o dirección postal)
REGIÓN DE CASILLA POSTAL	(Región donde se ubica la casilla)
REPRESENTANTE LEGAL	(Nombre del representante legal de la industria)
CONTACTO	(Nombre del profesional a cargo de la P.I.)
E-MAIL DEL CONTACTO	(Correo electrónico de profesional responsable de la P.I., por ej.: el Gerente de Operaciones, Gerente de Procesos, etc.)
CONTACTO RILES	(Nombre del profesional a cargo del sistema de gestión ambiental, o del responsable de la operación del sistema de tratamiento de riles)
E-MAIL DEL CONTACTO RILES	(Correo electrónico del profesional responsable de la operación a cargo del sistema de gestión ambiental, de la gestión del sistema de tratamiento de riles)
N° EMPLEADOS	
TURNOS DE TRABAJO	
IDENTIFICACIÓN DE CONCESIONARIA SANITARIA QUE RECIBE DESCARGA DE RILES	
N° R.C.A.	(Número de la Resolución de Calificación Ambiental favorable que comprende la evaluación favorable del sistema de tratamiento de riles)
AÑO DE LA RCA	(Año de la Resolución de Calificación Ambiental favorable que comprende la evaluación favorable del sistema de tratamiento de riles)
REGIÓN QUE CALIFICA FAVORABLEMENTE LA RCA	(Números arábigos de la región en que se calificó favorablemente el proyecto.)
CONVENIO DE DESCARGA SEGÚN NUMERAL 4.4 DEL DS MOP N°609/98	Individualizar el convenio o contrato celebrado con la ESS, N°[xx] de [fecha dd.mm.aaj], celebrado entre la Empresa de Servicios Sanitarios [nombre de la concesionaria] y [Nombre del El] [Nombre de la Planta] (cuando corresponda) (Si no corresponde, indicar, "No Corresponde")
TIPO DE SISTEMA DE TRATAMIENTO	(Indicar si el sistema de tratamiento es del tipo Físico; Químico; Biológico; Físico-Químico; Físico-Químico-Biológico, Wetland, Otros)
FECHA DE ENTRADA EN OPERACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RILES	(DD-MM-AAAA), si corresponde
N° DE CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD	N°XXX [indicar N°] del certificado de factibilidad [indicar número y fecha] otorgado por la Empresa de Servicios Sanitarios que recibe Riles.
FECHA DE CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD	Fecha DD-MM-AAAA [indicar fecha] del certificado de factibilidad otorgado por la Empresa de Servicios Sanitarios que recibe Riles.
N° DE DESCARGAS DE RILES O NÚMERO DE U.D	N° de uniones domiciliarias que descargan Aguas residuales
LUGAR DE DESCARGA N° (Y) (MARCAR CON X, SEGÚN CORRESPONDA)	Lugar Vertimiento Riles, Obra o Infraestructura asociada para la descarga de Riles. 1 = En punto de Red de Recolección 2 = En la PTAS 3 = Otra obra de la etapa de disposición
UBICACIÓN DE LAS DESCARGAS	UTM Norte: Indica las coordenadas UTM este del punto de descarga especificadas Datum WGS 84 y huso 19 UTM Este: Indica las coordenadas UTM este del punto de descarga especificadas Datum WGS 84 y huso 19
VOLUMEN DE DESCARGA MENSUAL AUTORIZADO EN CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD	Caudal máximo autorizado para el punto de descarga en el certificado de factibilidad (m³/mes).
VOLUMEN DE DESCARGA (m³/DÍA)	m³/día (Caudal de descarga del effluente en cada día de descarga de riles).
MEDICIÓN DE CAUDAL	Indicar la forma de medición de caudal, ya que el numeral 6.3.4 del DS MOP N°609/98 señala que la medición de caudal se debe hacer con equipos de medición portátil o fijo y con registros continuos en ambos casos.
INDICAR SI MANTIENE UNA CÁMARA DE MONITOREO	Señalar si el El mantiene una cámara de muestreo de acuerdo a lo señalado en el numeral 6.2.3 del DS MOP N°609/98.
INDICAR SI ES FUENTE NUEVA O EXISTENTE	En el contexto de las norma de emisión de riles, una fuente nueva es aquella que fuente emisora que a la fecha de entrada en vigencia de la norma. Es decir, al momento de su publicación en el diario oficial, no se encontraba vertiendo sus residuos líquidos y, una fuente existente es aquella fuente emisora que a la fecha de entrada en vigencia de la norma se encontraba vertiendo sus residuos líquidos.

		FORMATO: "CARACTERIZACIÓN DE RILES" D.S. MOP N°609/1998										
Tabla N° 2												
Se deberá indicar la estacionalidad del proceso productivo o generador de Riles, de acuerdo a la siguiente estructura.												
Especificar para cada mes del año el nivel de producción o de generación de Riles en porcentaje. Los meses en que no hay producción o generación se entenderá que el porcentaje de producción o generación es 0 y el o los meses del año en que el nivel de producción o generación es máxima se le deberá asignar el valor 100.												
MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
% PRDUCC. O GENERACIÓN DE RILES												
Semana de mayor producción de riles (marcar con X)			() 1	() 2	() 3	() 4						
Respecto al(los) mes(es) de mayor producción o generación, se deberá señalar el nivel de producción o generación para cada día de la semana.												
DÍAS	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo					
% PRDUCC. O GENERACIÓN DE RILES												
Respecto al(los) día(s) de mayor producción o generación, se deberán señalar:												
Hora de inicio de la descarga:												
Hora de término de la descarga:												
Tipo de descarga (marcar con X según corresponda)				1: Continua								
				2: Discontinua								
				3: Batch								
Firma Responsable de la Industria												

Datos del Muestreo.

Firma Responsable de la Industria.

		FORMATO: "CARACTERIZACIÓN DE RILES" D.S. MOP N°609/1998									
Tabla N°4A - Caracterización correspondiente a 100 habitantes											
Resultados del Monitoreo para Descargas en el Sistema de Alcantarillado Público de una Determinada Concesionaria Sanitaria (Descarga N° -----).											
Parámetros	Unidades	Expresión	Carga Contaminante Media Diaria en Aguas Servidas [CCMDas] (equiv. a 100 hab/d) (g/d)	Concentración Parámetros Controlados [C] (mg/L)			Carga Contaminante Diaria [CCD] (g/d)			Carga Contaminante Diaria del Mes Controlado [CCDM] (g/d)	Si CCDM > CCMDas Indicar con el N°1
				C1	C2	...Cn	CCD1 = (C1*VDD1)	CCD2 = (C2*VDD2)	CCDn = (Cn*VDDn)		
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	960								
Aluminio	mg/L	Al	16								
Arsénico	mg/L	As	0,8								
Boro	mg/L	B	12,8								
Cadmio	mg/L	Cd	0,16								
Cianuro	mg/L	CN	3,2								
Cobre	mg/L	Cu	16								
Cromo Total	mg/L	Cr	1,6								
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,8								
DBO ₅	mg O ₂ /L	DBO ₅	4000								
Fósforo	mg/L	P	80								
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	176								
Manganeso	mg/L	Mn	4,8								
Mercurio	mg/L	Hg	0,02								
Níquel	mg/L	Ni	1,6								
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NiKT	800								
pH	Unidad	pH	6,0-8,0								
Plomo	mg/L	Pb	3,2								
Poder Espumógeno	mm	PE	5								
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	SS	6								
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SST	3.520								
Sulfatos (disueltos)	mg/L	SO ₄ ²⁻	4800								
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	48								
Temperatura	°C	T	20								
Zinc	mg/L	Zn	16								
Total de parámetros donde el CCMDi										0	

NOTA.
 Las muestras deben ser compuestas por cada descarga de riles que tenga la industria.
 Las muestras compuestas estarán constituidas por muestras puntuales tomadas en el tiempo de duración de la descarga.
 Los valores de Temperatura a informar deben corresponder al valor máximo medido en el día de control.
 El valor del pH debe corresponder al valor mínimo y al valor máximo obtenido en el día de control.
 En el caso que la industria cuente con más de una descarga de Riles, deberá completar una planilla de Resultados de monitoreo por cada descarga existente.
 Deberá insertar las columnas necesarias por cada día de control para informar los resultados de los análisis.

Firma Responsable de la Industria



FORMATO: "CARACTERIZACIÓN DE RILES"
D.S. MOP N°609/1998



Tabla N°4B - Caracterización correspondiente a 200 habitantes

Resultados del Monitoreo para Descargas en el Sistema de Alcantarillado Público de una Determinada Concesionaria Sanitaria (Descarga N° -----).											
Parámetros	Unidades	Expresión	Carga Contaminante Media Diaria en Aguas Servidas [CCMDas] (equiv. a 100hab/d) (g/d)	Concentración Parámetros Controlados [C] (mg/L)			Carga Contaminante Diaria [CCD] (g/d)			Carga Contaminante Diaria del Mes Controlado [CCDM] (g/d)	Si CCDM > CCMDas indicar con el N°1
				C1	C2	...Cn	CCD1 = (C1*VDD1)	CCD2 = (C2*VDD2)	CCDn = (Cn*VDDn)	CCDM = (CCD1+CCD2+CCDn)/n	
Aceites y Grasas	mg/L	A y G	960								
Aluminio	mg/L	Al	16								
Arsénico	mg/L	As	0,8								
Boro			12,8								
Cadmio	mg/L	Cd	0,16								
Cianuro	mg/L	CN	3,2								
Cobre	mg/L	Cu	16								
Cromo Total	mg/L	Cr	1,6								
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁶⁺	0,8								
DBO ₅	mg O ₂ /L	DBO ₅	8.000								
Fósforo	mg/L	P	160								
Hidrocarburos Totales	mg/L	HCT	176								
Manganeso	mg/L	Mn	4,8								
Mercurio	mg/L	Hg	0,02								
Níquel	mg/L	Ni	1,6								
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NKT	1.600								
pH	Unidad	pH	6,0-8,0								
Plomo	mg/L	Pb	3,2								
Poder Espumógeno	mm	PE	5								
Sólidos Sedimentables	ml/1/h	SS	6								
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SST	7.040								
Sulfatos (disueltos)	mg/L	SO ₄ ²⁻	4.800								
Sulfuros	mg/L	S ²⁻	48								
Temperatura	°C	T°	20								
Zinc	mg/L	Zn	16								
Total de parámetros donde el CCMDI										0	

NOTA

Las muestras deben ser compuestas por cada descarga de riles que tenga la industria.
Las muestras compuestas estarán constituidas por muestras puntuales tomadas en el tiempo de duración de la descarga.
Los valores de Temperatura a informar deben corresponder al valor máximo medido en el día de control.
El valor del pH debe corresponder al valor mínimo y al valor máximo obtenido en el día de control.
En el caso que la industria cuente con más de una descarga de Riles, deberá completar una planilla de Resultados de monitoreo por cada descarga existente.
Deberá insertar las columnas necesarias por cada día de control para informar los resultados de los análisis.

Firma Responsable de la Industria

2 ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE Y REDUCCIÓN DE USO DE AGUAS DE PROCESO

Un aspecto importante para optimizar el consumo de agua consiste en controlar todos los puntos donde se utiliza y registrar la información de forma regular (por hora, diario, por turno o semanal) de acuerdo con el uso y las necesidades de control de dicha información. El consumo debe referirse a alguna unidad que permita su comparación y referencia, como por ejemplo: superficie (m²) o peso de piezas (kg, ton) tratadas. Este dato es de alta relevancia pues de acuerdo a información de factores de uso internacional, el consumo de agua en procesos de galvanizado en Europa actualmente **no supera los 25 L/ton procesada**¹.

Entre las principales razones de un consumo excesivo de agua, se tiene:

- alimentación de agua innecesaria en posiciones de enjuague, por ejemplo en líneas detenidas sin producción en momentos concretos del día (almuerzo, cambio de turno, entre otros), o por planificación de la producción.
- exceso de enjuague en determinadas posiciones, por encima de las necesidades reales de calidad necesaria
- lavado excesivo de suelos, bidones, instalaciones.
- pérdidas de agua diversas: llaves abiertas innecesariamente o mal cerradas, fugas, goteos.

Entre las acciones propuestas para la minimización del agua existen algunas relacionadas con adquisición de equipamiento y otras con la mejora de procedimientos:

- Utilizar caudalímetros para regular el flujo de agua mediante válvulas.
- Emplear equipos automáticos de medición de proceso como pueden ser conductivímetros, pHmetros, etc.; estos deben ir conectados a electroválvulas que permitan la entrada de agua nueva si se ha alcanzado el valor prefijado del parámetro en cuestión (por ejemplo, un nivel de conductividad o pH no deseados).
- En instalaciones automáticas, instalar electroválvulas conectadas a temporizadores, de manera que, si la instalación se detiene durante un período determinado, se cierran las entradas de agua a través de las electroválvulas.
- Emplear válvulas aforadas, de tal forma que se pueda fijar un consumo máximo de agua por línea o proceso; de esta manera, aunque los operarios abran más los grifos, el caudal permanecerá constante. Esta técnica es adecuada si el proceso productivo es bastante homogéneo y no existe gran variación del tipo de piezas a lavar; de lo contrario, puede ser necesario un mayor caudal de enjuague para garantizar un proceso eficiente, siendo la técnica no recomendable.
- Lavar instalaciones y áreas con equipos a presión, reutilizando las aguas, en la medida de lo posible;
- Llevar un correcto mantenimiento de instalaciones y equipos, con un programa de control y supervisión y formación del personal.
- Utilizar enjuagues en contracorriente, pues permiten reducir los caudales de agua, sin afectar la eficiencia de los enjuagues.
- En el caso que se preparen nuevos baños de decapado, reutilizar parte de las aguas de enjuague del ácido.

Con estas medidas, pueden alcanzarse reducciones del consumo de agua, entre el 20-45% y una reducción equivalente de aguas residuales.

¹ Fuente ICZ LATIZA

2.1 Reducir arrastre de soluciones

Es posible reducir en origen el arrastre de las soluciones de proceso por una combinación de las siguientes técnicas:

- Disponer las piezas en los soportes evitando la retención del líquido de proceso, colocándolas en ángulo o verticales y con las concavidades dirigidas hacia abajo.
- En instalaciones manuales, al sacar el soporte del baño, girarlo y moverlo para favorecer su escurrido; en instalaciones automáticas, pueden introducirse sistemas de vibración del bastidor sobre el baño, que favorecen el drenaje de líquido.
- Extraer lentamente la pieza; cuanto más rápida se hace la extracción del baño, más gruesa es la película que moja la superficie y que, por tanto, se arrastra hacia el enjuague siguiente.
- Dejar suficiente tiempo de escurrido según las condicionantes del baño. Debido al peso que deben soportar los operarios; en instalaciones manuales, es aconsejable colocar barras cuelga bastidores sobre el baño en las que dejar descansar el bastidor extraído.
- Insertar una bandeja de escurrido o un estanque de transferencia para retener el arrastre, en el caso de que entre los estanques adyacentes exista un espacio importante o cuando se tenga que cruzar un pasillo.
- Retornar el exceso de solución de baño a su estanque mediante el uso de sistemas de enjuague por spray, niebla o aire; esto es factible para aquellos baños de proceso que tienen pérdidas de nivel de líquido por evaporación ($T > 40^{\circ}\text{C}$); al aplicar este tipo de enjuague sobre el propio baño, se consigue retornar gran parte del arrastre producido y se mantiene el nivel del baño; con esta medida, se reduce el arrastre hasta un 30-50%.
- El retorno de arrastre al baño, además de ser factible mediante los enjuagues por spray de agua o de aire, puede alcanzarse mediante la implementación de estanques estanco de enjuague o enjuagues tipo “ECO”(si la temperatura del baño es inferior a 40°C); en el caso de los enjuagues de tipo “ECO”, la reducción del arrastre es del 50%.
- El tiempo de referencia de escurrido debe definirse para cada proceso en particular. Un valor de referencia comúnmente aceptado es 10 segundos. **Como valor de emisión asociado se estima que, pasar de un tiempo de escurrido de 3 seg. a 10 seg. puede reducir el valor de arrastre en un 40%.**

Se deben tener las siguientes consideraciones al momento de optar por este grupo de medidas:

- Se puede aumentar el tiempo del proceso al incrementar los tiempos de escurrido.
- En instalaciones manuales, puede haber dificultades para controlar los tiempos de escurrido.
- Se requiere formación permanente del personal.

Principales impactos de la medida

- Reducción de consumo de productos químicos.
- Reducción consumo de agua de enjuague 30%-50%.
- Reducción de arrastre en un 30%-50%.

Normalmente requiere solo entrenamiento y cambios operativos dentro del proceso.

2.2 Optimización del uso de baños de enjuague

Independientemente del sistema de enjuague de que disponga la empresa, es posible mejorar la eficacia del lavado y, en ocasiones, reducir el consumo de agua.

Las acciones propuestas son:

- Controlar el tiempo de contacto entre la superficie a lavar y el agua en el estanque; la eficacia del enjuague se incrementa con un tiempo de contacto suficiente entre agua y superficie a lavar; habitualmente, es necesaria la experimentación para establecer el tiempo de enjuague más adecuado.
- Disponer la entrada y salida de los conductos del agua en los estanques de manera tal que la renovación de la misma sea máxima; esto se consigue colocando el tubo de entrada de agua, en un extremo del estanque, hasta el fondo, mientras que la salida debe ubicarse en el extremo opuesto del estanque, en la superficie; además, para que el desagüe sea efectivo, como la entrada de agua tiene cierta presión, es recomendable disponer una salida amplia en forma horizontal; con esta medida, se mejora hasta un 50% la eficacia del enjuague, obteniéndose reducciones del consumo de ese mismo orden. Sin embargo, en estanques muy largos donde la distancia entre la entrada y la salida de agua es considerable (distancia superior a 4 m), esta medida no tiene demasiado efecto sobre la renovación del enjuague, ya que el tiempo de permanencia del agua es alto produciéndose una buena mezcla del enjuague con el paso de las piezas.
- Provocar una pequeña turbulencia del agua de enjuague para provocar un enjuague más eficaz, por ejemplo, aportando aire en el fondo del estanque; una técnica para incrementar la eficacia del enjuague por agitación es mediante burbujas de aire; de esta manera, se consigue retener los compuestos en el agua, evitando su arrastre hacia el siguiente estanque del proceso. Otra alternativa al uso de aire es el uso de eductores (dispositivos que permiten aumentar entre 4 y 5 veces la turbulencia y el flujo de salida en el dispositivo, es decir, si en la boquilla del eductor hay un flujo de 15 lts/min, el dispositivo permite aumentar ese flujo hasta 75 lts/min mediante el efecto venturi).



- Disponer de suficiente volumen de agua durante el tiempo de contacto entre la superficie y el sistema de enjuague; además del tiempo de contacto, es importante un volumen de agua suficiente para tener un enjuague eficaz.
- Utilizar enjuagues en contracorriente, pues permiten reducir los caudales de agua, sin afectar la eficiencia de los enjuagues.
- El uso de Desengrases ácidos elimina una etapa de enjuague y contribuye a reducir el consumo de agua

La combinación de estas acciones mejora la eficacia de las operaciones de enjuague y contribuye a disminuir la cantidad de agua necesaria, permitiendo reducciones del consumo de agua del orden del 20-50% mediante la combinación de estas técnicas.

En términos específicos, existe una relación directa entre arrastre y el caudal de enjuague requerido (o, lo que es lo mismo, necesidad o calidad de enjuague); esto es, cuantas veces hay que diluir en un enjuague una determinada especie química de un baño para evitar la contaminación de otros baños o su acción sobre la superficie de la pieza. Aumentar el caudal de enjuague no es el único medio disponible para mejorar la calidad del enjuague. También se consigue reducir el caudal de enjuague disminuyendo el arrastre.

Por ello, la definición de un enjuague eficiente es aquel en el que se lava respetando la calidad de enjuague definido o impuesto por el proceso, con la mínima cantidad de agua (independientemente de límites en su consumo). Así, el control de la calidad del enjuague se traduce en controlar dos variables: minimizar el consumo de agua y disminuir el arrastre de baño hacia los enjuagues.

La relación entre las variables señaladas es la siguiente:

$$Rd = \frac{Q}{q} = \frac{C_0}{C_r}$$

Dónde:

Q = caudal de agua de enjuague (L/h)

q = arrastre (L/h)

Rd = razón de dilución (calidad de enjuague requerida)

C₀ = concentración en el baño previo

C_r = concentración en el enjuague

Los valores de Rd en baños de desangrase o decapado pueden oscilar normalmente entre 500 y 2000. La calidad de enjuague es inversamente proporcional a la concentración del baño y a la carga de trabajo procesada (arrastre); si se mantiene el caudal de enjuague constante, cuanto más concentrado el baño, como consecuencia del arrastre, menor calidad de enjuague y, cuanto más carga de trabajo y/o superficie tratada, también por ello, se reduce la calidad del enjuague.

En resumen, se debe:

- establecer, empíricamente, los diversos valores de arrastre producidos según las piezas tratadas mayormente,
- determinar la calidad de enjuague necesaria para cada operación de lavado,
- ajustar el caudal de enjuague según lo anterior, con lo cual éste será variable, en función del arrastre producido,
- implementar, en la medida de lo posible, estructuras y sistemas de enjuague que reduzcan el caudal necesario, siempre y cuando no supongan un incremento en la concentración de determinadas sales o de la conductividad del efluente vertido.

A continuación se detallan distintos sistemas de enjuague y su efecto en el consumo de agua. Se considera como punto de referencia las condiciones de un enjuague simple (un único estanque de lavado después de un baño de proceso), que la mezcla del arrastre en el agua es completa y prácticamente instantánea (aspecto éste que no siempre es cierto), por lo que, en todos los casos, se recomienda:

- Agitación vigorosa del enjuague con aire, si no provoca excesiva espuma del arrastre de los tensoactivos de la tina precedente.
- Introducir el agua limpia por el fondo de la tina.
- Fijar la salida del agua sucia en el extremo opuesto al de la entrada.

Se debe tener en cuenta que reducir el consumo de agua de proceso mediante la optimización de los sistemas de enjuague implica un aumento de la concentración en sales de difícil precipitación (y, por tanto, de la conductividad) en el efluente final. Por este motivo, será necesario estudiar en cada caso concreto las posibilidades de reducción del caudal en relación a los niveles de vertido para las diferentes sales y conductividad. En caso necesario, deberá optarse por otras técnicas para reducir el consumo de agua, sin que ello suponga un incremento de la concentración de sales en el efluente generado, como pueden ser las técnicas de reducción o recuperación del arrastre.

a) Enjuague cascada múltiple

Los sistemas de enjuague múltiples son los más adecuados para reducir el consumo de agua, manteniendo la calidad de enjuague requerida. Los valores de reducción de consumo de agua, respecto a enjuagues simples, son del orden del 95% o superiores.

Entre los diferentes sistemas múltiples, se recomienda aquellos que funcionan en cascada a contracorriente. El sistema consiste en hacer entrar agua limpia por la última posición del enjuague y hacerla pasar en cascada hasta el primer estanque, desde donde el agua se vierte (o, si es factible, se recupera devolviéndola al baño de proceso para compensar las pérdidas por evaporación). El sentido de las piezas es contrario al de la entrada de agua; por ello, el sistema se denomina “*en cascada a contracorriente*”.

En este caso, el caudal de agua necesario viene dado por la siguiente expresión, donde n corresponde al número de tinas conectadas en el sistema:

$$Q = q \sqrt[n]{Fd}$$

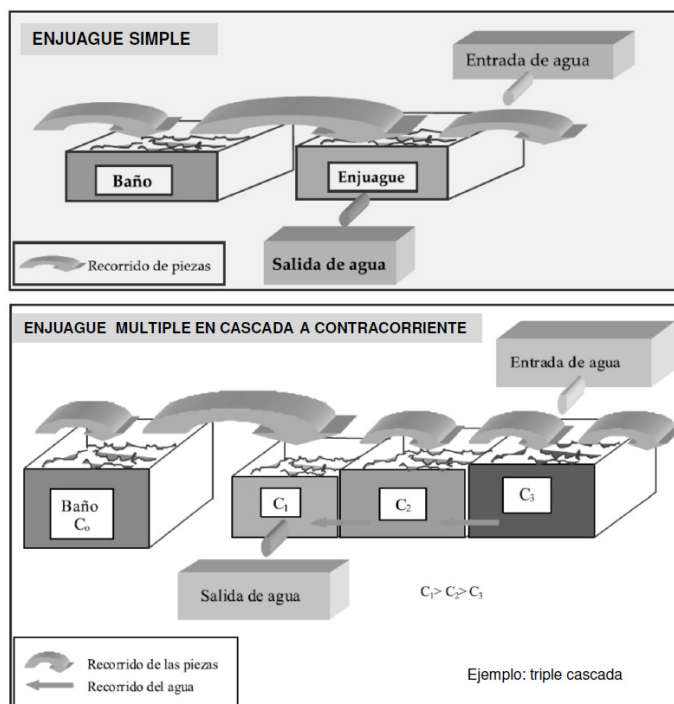


Figura 2 Sistema de enjuague simple y en cascada a contracorriente
Fuente MMAMRM 2009

A continuación, se indica, a modo comparativo, la reducción de consumo de agua lograda en función del número de tinas de enjuague:

Tabla 4 Reducción de consumo de agua según sistema enjuague

Sistema de enjuague	Caudal de enjuague Q (L/h)	Porcentaje reducción caudal respecto enjuague simple (%) *
Simple	2.000	0%
Doble en cascada	44	97.8%
Triple en cascada	12	99.4%
Cuádruple en cascada	5,7	99.7%

(*): Suponiendo un arrastre, $q = 1$ L/h y un $R_d = 2000$ Fuente MMAMRM 2009

En el caso de enjuagues múltiples en cascada a contracorriente, el caudal de enjuague se reduce drásticamente entre la primera y segunda posición de enjuague. Con lo que, habitualmente, se consiguen suficiente reducción del caudal de enjuague con solo dos posiciones de lavado. En contrapartida, estos sistemas de enjuague incrementan la concentración del efluente generado.

Tabla 5 Caudal de enjuague necesario según operación

Operación	Rd	Caudal de agua según sistema enjuague (L/h)		
		Simple	Doble	Triple
Desengrase	500-1000	500-1.000	22-32	8-10
Decapado	1000-2000	1.000-2.000	32-45	10-13

Fuente MMAMRM 2009

Recuperación de arrastre:

Para la recuperación del arrastre se propone el enjuague en cascada a contracorriente en circuito cerrado. Estos son enjuagues de recuperación conectados en cascada a contracorriente con retorno del primer enjuague hacia el baño, para procesos que trabajan en caliente. Ajustando el caudal de recuperación de tal manera que se compensen las pérdidas por evaporación del baño, el valor de recuperación del arrastre está por sobre el 80-90%. El consumo de agua queda reducido a las pérdidas por evaporación del baño; no hay vertido de aguas residuales.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de agua de enjuague en más de 95% comparado con enjuagues simples
- Reducción de arrastre sobre el 80%
- Reducción consumo de productos químicos

El costo de la medida puede ser medio a alto, en función de la instalación de nuevos estanques

b) Enjuague estanco (estático)

El sistema consiste en ubicar uno o más enjuagues estáticos después del baño, sin aporte en continuo de agua. Periódicamente debe procederse a vaciar la primera posición de enjuague y rellenarla con el contenido de la segunda y ésta con la de la tercera, y así sucesivamente. El volumen vaciado del primer enjuague, el más concentrado, se almacena en un depósito y, si es posible, puede emplearse para compensar las pérdidas por evaporación del baño (si éste trabaja a $T > 40^{\circ}\text{C}$).

Debido a que retiene buena parte del arrastre del baño de proceso, además de reducir el consumo de agua en enjuagues posteriores, permite la recuperación del arrastre. Por lo general, mediante esta técnica, la reducción del arrastre es del orden del 70%, dependiendo de la capacidad de devolución de líquido recuperado al baño original.

Los valores de concentración que se alcanzan con este enjuague, dependiendo de la temperatura de evaporación del baño, suelen situarse entre el 10-20% de la concentración del baño. Ello se traduce, en necesidades de consumo de agua del enjuague siguiente un 80% inferiores (1/5) a las que habría sin el estanque de recuperación.

Esta técnica es especialmente recomendada cuando, la implementación de enjuagues múltiples en cascada, puede suponer un incremento excesivo de la concentración de sales de difícil precipitación en el efluente y, por tanto, un incremento excesivo de la conductividad.

Esta recuperación del arrastre, será superior si la evaporación del baño es mayor (el baño trabaja a mayor temperatura) o, si hay más de un enjuague estanco.

A continuación, se indica, a modo comparativo, la reducción de consumo de agua lograda en función del sistema de enjuague.

Tabla 6 Reducción esperada con enjuague estanco

Sistema de enjuague	Caudal de enjuague Q (L/h)	Porcentaje reducción del caudal respecto enjuague simple (%) ^(*)
Simple	10.000	0%
Enjuague estanco + enjuague simple	2.000	80%
Doble enjuague estanco + enjuague simple	400	96%

(*): Suponiendo un arrastre, $q = 10 \text{ L/h}$ y un $R_d = 1000$ Fuente MMAMRM 2009

Este sistema, a diferencia del enjuague de cascada múltiple, tiene el inconveniente que va empeorando progresivamente la calidad de los enjuagues, hasta que se produce el vaciado del primero y el trasvasije y reposición con agua limpia del último. Por ello, se recomienda realizar esta operación diariamente o, mejor aún, de forma automática en continuo.

Al tratarse de un enjuague sin renovación del agua, es importante aplicar algún tipo de agitación del agua para mejorar la eficacia de lavado; esta medida no es necesaria para instalaciones a tambor, en los que el movimiento del agua es producido por el propio tambor al entrar al estanque.

A diferencia del enjuague múltiple en cascada, en el que existe un vertido de agua, el uso de enjuagues estancos de recuperación también permite reducir el caudal de enjuague (en menor volumen) y, en contrapartida, no produce aumentos de concentración en las sales o conductividad del efluente. Lo anterior, se produce debido a que además de reducir el caudal de enjuague, este tipo de lavado reduce en gran medida el caudal de arrastre, siendo éste el responsable de la aportación de contaminantes (y de sales) al agua de lavado.

Recuperación de arrastre

Este sistema permite la recuperación de sales para baños de proceso en caliente; el enjuague se va concentrando de las sales procedentes del baño de proceso y llega a situarse a una concentración del 10-25% de la del baño. Para compensar las pérdidas por evaporación del baño, se recupera el líquido de este estanque de recuperación. Un estanque de enjuague por recuperación puede recuperar un 70% del arrastre producido. El volumen a retornar viene determinado por el rango de evaporación del baño, así como la velocidad de extracción del aire sobre el baño, la agitación del mismo, entre otros. Como consecuencia, se debe aplicar de técnicas de aspiración de gases y vapores y de eficiencia de lavado. Por este motivo, sólo puede aplicarse en baños que trabajan a cierta temperatura (superior a los 40°C); de otro modo, para evitar que el enjuague estanco alcance concentraciones cercanas a las del propio baño, se debe retirar periódicamente una pequeña cantidad de líquido, aportando agua limpia; el líquido extraído debe entonces almacenarse y gestionarse en forma de residuo peligroso.

Algunas empresas son reticentes al uso de los enjuagues estancos de recuperación, a pesar de los beneficios que pueden aportar, por miedo a contaminar el baño de proceso con productos de degradación, contaminación metálica, entre otros. En todos los casos, la implementación de este sistema presupone un mayor control y mantenimiento preventivo del baño afectado.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de agua en 80%
- Reducción de arrastre sobre el 70%
- Reducción consumo de productos químicos

El costo de la medida se considera bajo ya que sólo se requiere instalación de estanque estanco.

2.3 Sistemas de reutilización de agua

Una posibilidad para reducir el consumo de agua en el proceso es la reutilización de las aguas de algunos estanques de enjuague en otros enjuagues o en otras áreas del proceso.

Uno de los sistemas más sencillos que puede emplearse para disminuir el consumo de agua es la denominada “Técnica de skip”. Esta técnica consiste en utilizar un mismo caudal de enjuague para diferentes operaciones de enjuague que, químicamente sean compatibles o sirvan para neutralizar la pieza antes de entrar en el siguiente baño de proceso.

Por ejemplo, es posible utilizar un enjuague posterior a una etapa de decapado ácido como enjuague previo a otro baño ácido que sea químicamente compatible o para preparar un nuevo baño, o bien utilizar las aguas de ese decapado ácido como aguas de enjuague posteriores a un desengrase alcalino previo al decapado.

Con esta simple medida, es posible reducir el número de entradas de agua de enjuague, consiguiéndose una reducción del consumo de agua, así como neutralizar en parte las aguas del lavado previo al baño.

Para poder aplicar esta técnica, es necesario que los arrastres puedan minimizarse suficientemente, ya que el agua que entra en la segunda posición de enjuague vendrá contaminada con el arrastre del baño anterior; en caso contrario, el efecto pretendido con la técnica puede quedar devaluado por el incremento del arrastre de la segunda posición de enjuague.

Otro factor a tener en cuenta para la posible aplicación de esta técnica es el riesgo de formación de precipitados que acabarían contaminando la cuba de enjuague en cuestión, así como el incremento en la conductividad por un mayor incremento relativo de sales.

La implementación de esta técnica permite eliminar el consumo de agua en una de las posiciones de enjuague, con el ahorro añadido en depuración de aguas y gestión de lodos residuales. Por ello, el valor asociado de reducción del consumo de agua entre las dos posiciones de enjuague estará entre el 30-50%.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo agua en 30-50%

Ósmosis inversa en la regeneración del agua de enjuague

Mediante el sistema de regeneración por ósmosis inversa, se consiguen caudales de desalinización importantes. En función del caudal de rechazo, con el sistema de ósmosis inversa puede obtenerse un agua de entre 100-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La técnica es aplicable sobre el agua diluida de la mayoría de procesos.

A diferencia de lo que ocurre con los sistemas de regeneración por resinas de intercambio iónico, los equipos de ósmosis inversa generan, mientras funcionan, un rechazo (concentrado

salino) en continuo que debe ser evacuado. La separación de sales se produce por efecto mecánico aplicando una gran presión (de unos 15-20 bar).

No existe consumo de reactivos pero, en contrapartida, el consumo energético de la bomba de presión es alto. Periódicamente, eso sí, hay que proceder a la limpieza química de las membranas, lo cual conlleva la generación de un líquido residual a tratar. La limpieza suele realizarse con productos ácidos, alcalinos y bactericidas.

La ósmosis inversa permite trabajar filtrando aguas mucho más concentradas en sales, aunque se requiere filtrar las aguas antes de su paso por las membranas para evitar la obturación de los poros de las membranas. La materia orgánica debe filtrarse también mediante columnas de carbón activado granulado para evitar que obture las membranas. Un prefiltro de tan solo 5µm es recomendable previo a la entrada del agua a las membranas. Finalmente, la presencia de iones calcio o manganeso en el agua obliga también a su eliminación, ya sea previamente con un descalcificador, como dosificando un pequeño caudal de un producto desincrustante directamente a las membranas.

Es aplicable sobre baños de proceso y enjuagues de recuperación o caudales de agua de enjuague reducidos (p.e. en cascada), especialmente, sobre enjuagues o recuperaciones de procesos (baños) unitarios, de manera que se permita la recuperación de las sales concentradas. De otra manera, se produce una “mezcla concentrada” de difícil gestión. Una aplicación clara es la regeneración de enjuagues estancos de baños de zinc con el retorno de las sales recuperadas al baño.

Como ventajas se incluyen:

- Reducción del consumo de materias primas, al permitir la recuperación del arrastre.
- Reducción del consumo de agua de enjuague.
- Genera una agua reutilizable de calidad.
- No afecta sobre las sales solubles o la conductividad del efluente depurado sino que las disminuye.
- Permite trabajar sobre volúmenes de agua no muy importantes pero de elevada concentración.
- Menor volumen de aguas residuales.

Sin embargo posee algunas limitaciones que deben ser consideradas:

- El retorno de la solución con las aguas de recuperación puede provocar la contaminación del baño, requiriéndose un mayor nivel de control y mantenimiento del mismo.
- Al trabajar a elevada presión (10-12 bar), el consumo energético de la bomba de alta presión es alto.
- Debido a que la filtración se efectúa a través de membranas aplicando una presión externa, la concentración de sólidos disueltos no puede superar los 5.000 mg/l.
- Las membranas son de alto costo.
- Existe riesgo de obturación de membranas, por lo que es imprescindible un prefiltrado (5µm) del líquido.
- Se requiere de “paradas” periódicas para proceder al lavado químico de las membranas. El líquido generado en los lavados químicos debe ser tratado aparte, no mezclándose nunca con el baño.
- Requiere de personal técnico cualificado para su gestión y formación específica del mismo. Se recomienda en instalaciones automatizadas.

2.4 Aumento vida útil baños de desengrase

Para la etapa de desengrase existen alternativas disponibles en el mercado como son los desengrases ácidos, cada vez más utilizados, frente a los tradicionales desengrases alcalinos, además de aditivos desengrasantes al ácido que aportan en mejorar la eficiencia del proceso.

El desengrase alcalino requiere altas temperaturas para trabajar, genera mucho más lodos que los aditivos de desengrase ácido, es mucho más peligroso al operador, reduce la vida útil del ácido del decapado por neutralización, requiere enjuague adicional, y los vapores que genera por su alta temperatura se condensan en las estructuras aumentando la probabilidad de generar corrosión, con el consiguiente mayor costo de mantención. Por lo anterior, la primera recomendación es utilizar desengrases ácidos.

El Desengrase ácido presenta las siguientes ventajas:

- No se satura, por lo tanto nunca de descarta
- Trabaja a temperatura ambiente, no requiere calentamiento.
- Transforma la grasa en una arena que se deposita al fondo del tanque
- No genera olores ni emanaciones ni vapores.
- Al ser ácido, predecapa el acero.
- Es compatible con el decapado con HCl por lo que no requiere enjuague, por lo que se reduce el consumo de agua.
- Tiempo de trabajo de 3 a 10 minutos
- Se consume a razón de 0,6 a 1,5 Kgs/ton. Dependiendo del tipo de material y aceite.
- Genera menos lodos que desengrase Alcalino
- Requiere mantención del baño una vez por año aproximadamente, frente a 3 o 4 veces con el desengrase alcalino.

Adicionalmente, el reemplazar un desengrase alcalino por un desengrase ácido, permite aumentar la cantidad de decapados o colocar un segundo enjuague previo al fluxado, en caso que exista solo uno.

El aporte ambiental y operacional de este producto está en:

- Reducir los descartes del baño
- Reducir descartes del enjuague, (reducir huella de agua.)
- Ahorro energético del calentamiento, (reducción de huella de carbono).
- Reducir costos de operación.
- Reducir los consumos de HCL en el decapado en hasta 20 %.
- Aumenta vida útil y reduce periodicidad de descarte.
- No genera evaporación, por lo que reduce la formación de corrosión por condensación de agua.

Adicionalmente es importante destacar de la inconveniencia de utilizar aditivos desengrasantes en la etapa de decapado (técnica utilizada en ocasiones), por la alta concentración de materia orgánica que genera en los decapados, aumentando los niveles de suciedad en la superficie del baño, de la pieza y de la planta, reduciendo la eficiencia por inhibición del decapado, desmejorando la calidad del galvanizado y generando problemas al momento del descarte.

2.5 Aumento vida útil baños de decapado

El empleo de inhibidores de corrosión es una medida de minimización para alargar la vida del baño de decapado. El espesor de las capas de óxido y cascarilla sobre una pieza de acero a ser galvanizada no suele ser homogéneo, por lo que las piezas deberán permanecer en el baño de decapado hasta que haya sido eliminado el último rastro de óxido y cascarilla. Es decir, superficies ya brillantes (completamente decapadas) siguen estando expuestas al ácido (sobredcapado), lo cual repercute en un aumento del consumo de ácido. Para evitar que las superficies de acero sigan decapándose una vez eliminado el óxido y la cascarilla, se utilizan los inhibidores de corrosión.

El inhibidor de corrosión presenta las siguientes características y ventajas:

- Evita el sobredcapado del acero.
- Permite superficies del acero decapadas más lisas por lo que reduce el consumo de zinc
- Permite dejar aceros en el baño de decapado hasta por 36 horas sin ataque al metal base.
- Reduce la hidrogenación del acero.
- Contribuye a aumentar la vida útil del ácido.
- Fácil de usar y dosificar.
- Se consume a Razón de 0,1 Kg por tonelada procesada con un consumo de HCL de 20 Kg/ton.
- Su efecto dura toda la vida útil del ácido.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de ácido
- Costo bajo, sólo por compra de insumos inhibidores

Adicionalmente, se puede aumentar la vida útil del baño utilizando aditivos antivapor que reducen la emisión de vapores de ácido al ambiente (ver punto 2.6) y, además, realizando una filtración periódica del mismo, a fin de retirar restos de material sólido que se va acumulando. El uso de este sistema permite prolongar de 6 a 10 veces la vida útil de un decapado. Básicamente consiste en un sistema de filtración que permite retener parte del hierro del decapado que se precipita con aditivos específicos. Esto retarda la saturación de los ácidos.

2.6 Optimización de la concentración de ácido en baños de decapado

La concentración del baño de decapado es de un 14-16% en peso en caso de utilizar ácido clorhídrico.

La velocidad de la reacción de decapado aumenta en función de la concentración de ácido clorhídrico. Así, a alta concentración de ácido (>200 g/L HCl) el decapado es extremadamente rápido por lo que suele darse un ataque al material base. Por debajo de los 150 g/l de clorhídrico, el tiempo de decapado es más uniforme y permite una gestión óptima de la acidez del baño. Adicionalmente existe un menor riesgo desde el punto de vista de la salud laboral.

Por ejemplo, la reducción de la concentración de HCl desde 190 a 150 g/l permite reducir en más de un 20% el consumo de ácido y realizar la operación de decapado en condiciones más controladas en cuanto al tiempo de reacción.

Cabe destacar la gran influencia de la temperatura de la solución de decapado sobre la velocidad de decapado. Así, un incremento de la temperatura de 10°C a 20°C permite casi duplicar la velocidad de decapado. A efecto de reducir el impacto de emisiones de ácido en los procesos se utilizan aditivos antivapor.

Los productos antivapor disponibles en el mercado nacional poseen las siguientes características:

- Controla en origen la emanación de vapores ácidos.
- Reduce hasta en un 70% los contaminantes ácidos en el ambiente.
- Reduce la Hidrogenación del acero, reduce la fragilización. Efecto muy deseable en galvanizado de pernos y cadenas.
- Dura toda la vida útil del baño.
- Reduce los costos por mantención, al reducir el ataque ácido a puentes grúas, estructuras soportantes, cubierta de techos.
- Mejora el ambiente de trabajo. Permite eliminar el uso de máscaras respiratorias.
- Elimina la necesidad de extracción forzada y lavado de los gases del decapado.
- No es una barrera mecánica de espuma, sino que actúa químicamente sobre el tamaño de las burbujas de Hidrógeno, reduciéndolas.
- Se consume a Razón de 0,2 Kg por tonelada procesada con un consumo de HCL de 20 Kg./ton.

Principales impactos de la medida

- Reducción consumo de productos químicos (para el proceso de decapado)
- Reducción consumo de agua
- Costo bajo, requiere sólo un adecuado control de la dosificación del ácido.

3. ALTERNATIVAS PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA DE SERVICIOS

Existe consenso sobre la necesidad de incorporar la dimensión ambiental para el recurso hídrico, en relación tanto a tasas de extracción y calidad como de uso, a fin de enfrentar de manera integrada la gestión del recurso para asegurar su conservación, su calidad y su utilización racional.

En general, las Políticas Ambientales de las empresas consideran el fomento del uso racional de los recursos y la prevención de la contaminación, lo cual representa un punto de partida y proporciona el marco de trabajo necesario para la gestión y uso eficiente del agua.

A continuación se entregan una serie de las medidas o recomendaciones que cada instalación puede implementar para mejorar la eficiencia con la cual utiliza el recurso agua dulce en los servicios del personal, a fin de reducir sus costos operativos y mejorar su desempeño ambiental.

3.1 Reducir el caudal de las llaves

Normalmente, las llaves tradicionales instaladas en baños y lavaderos llegan a consumir hasta 15 L/minuto, es decir casi tres veces más agua que una llave eficiente.²



Figura 3: Llaves de alto caudal

Recomendaciones

A fin de reducir su consumo de agua, la instalación debe idealmente limitar a 4 L/minuto el caudal de las llaves de los lavamanos, y a 6 L/minuto el caudal de las llaves de los lavaderos.

- **Equipar las llaves con aireadores eficientes**

La mejor forma de reducir el caudal de llaves ineficientes es equipándolas con aireadores que tengan un caudal nominal igual al máximo caudal deseado. Los aireadores son dispositivos de ahorro de agua que se acoplan directamente a las llaves y reducen su caudal, ya sea a través de la adición de aire en el flujo de agua o la división del flujo en un

² Ver determinación de caudal en anexo 1

chorro fino parecido al de una ducha. Es generalmente posible encontrar en el mercado aireadores que están calibrados para generar un caudal nominal de 2, 4, 6, 8 o 9 L/minuto.

Los aireadores de buena calidad suelen tener un mecanismo de compensación de presión que les permite generar su caudal nominal independientemente de la presión de agua a la cual trabajan.



Figura 4: Aireador de flujo fino para caudales de 2 y 4 L/minuto.

Los aireadores pueden ser usados solamente en llaves que cuentan con una rosca que permite que se acople el anillo de fijación del aireador.

El tipo de rosca que tiene el anillo de fijación del aireador debe ser compatible con el tipo de rosca que tiene la llave sobre la cual va a ser instalado. Generalmente, las llaves de lavamanos requieren aireadores con rosca macho, mientras que las llaves de lavaplatos requieren aireadores con rosca hembra.

El costo de un aireador varía generalmente entre \$1.000 y \$3.000, dependiendo del modelo y de la marca. Algunos proveedores de aireadores son Niagara Conservation, NIBSA y Greentek.

- **Cerrar parcialmente las válvulas escuadra**

Otra forma de reducir el caudal consiste en cerrar parcialmente las válvulas escuadra que están generalmente instaladas sobre las cañerías de alimentación de agua. Sin embargo, esta medida debería aplicarse principalmente a llaves que no pueden ser equipadas con aireadores porque puede tener algunos inconvenientes, los cuales son resumidos a continuación.

Generalmente esta medida no sirve para lograr caudales muy bajos (por ejemplo, menos de 4 L/minuto) porque puede afectar excesivamente la fuerza y el aspecto del flujo producido por la llave.

Una válvula de escuadra que está cerrada a más de 50% puede generar ruido y vibraciones en redes que cuentan con buena presión de agua.

Cerrar parcialmente una válvula de escuadra puede generar goteras.



Figura 5: Válvula escuadra de una llave de lavamanos.

- **Equipar las llaves ineficientes con restrictores de flujo**

Los restrictores de flujo son pequeños discos perforados hechos de acero inoxidable, cobre o plástico, que se insertan en las cañerías de alimentación de agua para reducir el caudal generado por las llaves. El diámetro del orificio del restrictor varía generalmente entre 1,5 y 2,0 mm según la presión mantenida en el sistema de distribución de agua y el caudal deseado para la llave sobre la cual se instalará.

Los restrictores pueden afectar considerablemente la fuerza y aspecto del flujo producido y, por ende, deberían utilizarse principalmente en llaves que no pueden ser equipadas con aireadores.



Figura 6: Restrictor de flujo de fabricación casera.



Figura 7: Punto de instalación de un restrictor en el flexible de una llave de lavamanos

Ejemplo - Ahorro logrado instalando un restrictor de caudal en la llave de alto caudal

Instalar un restrictor para reducir el caudal de una llave de fregadero de 15 a 6 L/minuto puede generar un ahorro de hasta 540 L por cada hora que esté en uso la llave.

Asumiendo que la llave tenga un uso promedio de una hora por día, esta medida lograría generar un ahorro de 10.800 L de agua en un mes. Este volumen de agua es equivalente al consumo diario de agua de aproximadamente 108 trabajadores en una empresa.

3.2 Reducir el caudal de las duchas

Gran parte de las duchas comúnmente instaladas en los baños son ineficientes. Los dispositivos tradicionales consumen entre 10 y 12 L/minuto, mientras que las duchas eficientes consumen solamente entre 5 y 8 L/minuto.³



Figura 8: Duchas de alto caudal



Figura 9 Ducha eficiente

Además de desperdiciar agua, el uso de duchas ineficientes tiene una serie de inconvenientes, entre ellos:

- incrementa el consumo de gas;
- incrementa el consumo de energía de las bombas de suministro de agua;
- incrementa la carga hidráulica cuando se cuenta con fosas sépticas, con riesgo de dañar las cámaras de infiltración con los sólidos arrastrados de dichas fosas;
- incrementa las caídas de presión que ocurren en la red de distribución de agua cuando varias personas se duchan al mismo tiempo;
- incrementa la capacidad necesaria y el costo de los equipos e instalaciones relacionadas con el manejo del agua sanitaria (pozos, bombas, tanques de almacenamiento, cañerías y calefones).

Recomendaciones

Remplazar las duchas de alto caudal por duchas eficientes

Las duchas eficientes son específicamente diseñadas para generar un flujo de alta calidad con un caudal de solo 5 a 8 L/minuto, dependiendo del modelo.

Se recomienda comprar duchas eficientes que cuenten con un mecanismo de compensación de presión que les permite generar su caudal nominal de forma constante, independientemente de las variaciones de presión que pueda haber en la red de suministro de agua.

El costo de estos dispositivos varía generalmente de \$10.000 a \$25.000 para duchas de mano, y de \$5.000 a \$15.000 para duchas de pared. Entre los proveedores de duchas eficientes se incluyen, por ejemplo Niagara Conservation y NIBSA.

³ En el anexo 1 se indica cómo medir el caudal

Equipar las duchas existentes con reguladores de flujo

Los reguladores de flujo son pequeños dispositivos que se acoplan a la base de una ducha de pared o al flexible de una ducha de mano, y sirven para reducir su consumo de agua. Generalmente estos dispositivos dan buenos resultados y afectan poco la calidad del flujo producido cuando se usan en duchas que cuentan con orificios pequeños y que generan un flujo relativamente fino.

Se recomienda comprar controladores de flujo que cuentan con un mecanismo de compensación de presión que les permite generar su caudal nominal de forma constante, independientemente de las variaciones de presión que pueda haber en la red de suministro de agua. Su valor actual es de aproximadamente \$ 3.000.



Figura 10: Regulador de flujo, acoplado a la base de una ducha de pared y al flexible de una ducha de mano

Antes de comprar duchas eficientes, la empresa debería realizar pruebas para determinar el mínimo caudal con el cual se encienden sus calefones y, de tal forma, asegurar que las duchas elegidas funcionarán correctamente.

Puesto que los calefones no encienden con caudales que son inferiores a entre 30 y 50% de su capacidad nominal (por ejemplo, un calefón de 14 L no enciende generalmente con caudales inferiores a 4 a 7 L/minuto), si la empresa cuenta con calefones de gran capacidad es probable que tendrá que utilizar duchas eficientes que generan caudales un poco más elevados, tal como duchas de 7 o 8 L/minuto.

Alternativamente, si la empresa cuenta con calefones de gran capacidad, podría considerar cambiarlos por calefones de menor capacidad que permitan el uso de duchas de alta eficiencia. Por ejemplo, un calefón de 18 L que alimenta 4 duchas convencionales podría ser remplazado por 2 calefones de 10 L, cada uno conectado a 2 duchas eficientes de 6 L/minuto.

Ejemplo - Ahorro logrado reemplazando una ducha de alto caudal con una ducha eficiente

Reemplazar una ducha de 12 L/minuto por una ducha eficiente de 7 L/minuto en un baño equipado con un calefón a GLP ahorra 300 L de agua y 1,6 litros de GLP por cada hora que esté en uso la ducha.

Asumiendo que la ducha esté instalada en un baño de personal y tenga un uso promedio de 15 duchas de 10 minutos por día, esta medida generaría un ahorro total de \$140.000 en 2 meses.

3.3 Reparar fugas en el sistema de suministro de agua

Una fuga en el sistema de suministro puede llegar a desperdiciar una cantidad considerable de agua. Por ejemplo, si una fuga tiene un caudal de 0,9 L/minuto equivale una pérdida de 1.300 L de agua por día. Este volumen es equivalente al consumo diario de 7 personas en el hogar o 13 trabajadores en la instalación.

Recomendaciones

Verificar periódicamente la red de suministro de agua para identificar fugas y otros problemas que resulten en pérdidas de agua.

Reparar rápidamente las fugas y otros problemas identificados en la red de suministro de agua.

3.4 Usar válvulas de cierre automático en los urinarios

Los urinarios normalmente cuentan con válvulas de cierre manual, las cuales quedan frecuentemente abiertas y desperdician cantidades considerables de agua.

Como ejemplo, un urinario con una descarga moderada pero constante de 2 L/minuto llega a consumir 2.900 L/día de agua, lo que equivale al consumo de agua diario de 29 trabajadores en una instalación.

Recomendaciones

Es posible equipar los urinarios con válvulas de cierre automático, con o sin sistema de temporización. Estas válvulas tienen un costo que varía generalmente entre \$20.000 y \$40.000.

También sería posible incorporar sistemas con válvulas automáticas activadas por el usuario, mediante la instalación de un sensor infrarrojo de proximidad y una electroválvula que active el flujo de agua por un periodo de tiempo determinado.

Si no resulta posible instalar estos dispositivos y si ocurre frecuentemente que las válvulas manuales de los urinarios quedan abiertas, el establecimiento debería hacer lo posible para

minimizar este gasto en agua, por ejemplo, instalando rótulos en los baños para recordar de no dejar las válvulas de los urinarios abiertas, y pidiéndole al personal de limpieza de cerrar las válvulas cada vez que entren a los baños.

En resumen, algunas medidas simples incluyen:

- Eliminar fugas de agua (una llave que deja caer dos gotas por segundo equivale a una pérdida superior a 2500 litros de agua al año).
- Controlar los caudales de agua.
- Instalar medidores en áreas donde se emplean grandes cantidades de agua.
- Examinar las condiciones de las tuberías de agua y hacer las reparaciones necesarias
- Instalar dispositivos para ahorro de agua.
- Quitar llaves de agua de donde no se usan o sellar algunas llaves de agua para evitar el uso innecesario.

Referencias

- CE - MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE.2006. Prevención y control integrados de la contaminación (IPPC). Documento de referencia de Mejores Técnicas Disponibles en la industria de procesos de metales férreos (Documento BREF).España.
- CONSEJO DE PRODUCCION LIMPIA. 2006. Manual para el Estudio de Impacto Ambiental y Económico de un Acuerdo de Producción limpia. Series de Guías Metodológicas.
- ICZ LATIZA. Guía para Galvanizado en Caliente.
- INTEC Chile.2000. Guía de Producción Limpia.
- IHOBE, 2000. Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones: Galvanizado en Caliente. Gobierno Vasco, España, Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente.
- MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO.2009. Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de tratamiento de superficies metálicas y plásticas. España.
- Programa de Auditoria de aguas no Residenciales. Water efficiency Manual (www.p2pays.org).
- UNAB 2012. Evaluación Ecoeficiencia.

Anexo 1: Medición caudal**Duchas**

La medición del máximo caudal generado por una ducha se realiza de la siguiente forma.

- a) Se ajusta a apertura de las llaves de agua caliente y fría de tal manera a obtener el mayor flujo posible con una temperatura adecuada para ducharse (aproximadamente 37°C).
- b) Se coloca un contenedor de tamaño adecuado (5 a 10 litros) debajo de la ducha y se mide cuanto tiempo se necesita para llenarlo.
- c) Se calcula el caudal generado por la ducha con la siguiente ecuación:

$$\text{Caudal (en litros/minuto)} = \frac{\text{Volumen de agua en el contenedor (en litros)}}{\text{Tiempo de llenado (en minutos)}} \quad (\text{fórmula 1})$$

La medición del máximo caudal generado por una ducha de agua fría se realiza prácticamente de la misma forma.

Llaves

- a) Se ajusta la apertura de las llaves de agua caliente y fría de tal manera a obtener el mayor caudal posible.
- b) Se coloca un contenedor de tamaño adecuado (1 o 2 litros) debajo de la llave y se mide cuanto tiempo se necesita para llenarlo.
- c) Se calcula el caudal generado por la llave con la fórmula 1