

Cálculo de pago de derechos para descarga de agua residual con variaciones de pH*

Calculation of payment of fees for wastewater discharge with pH variations

Facundo Cortes Martínez¹, Ignacio Sánchez Cohen^{2§}, José Betancourt Hernández¹ y Claudia Mayela Ávila Garza¹

¹Facultad de Ingeniería, Ciencias y Arquitectura de la Universidad Juárez del estado de Durango. Campus Gómez Palacio. Av. Universidad S/N. Fraccionamiento Filadelfia Gómez Palacio, Durango. C. P. 35120 + (52) (871) 7 15 20 17. (facundo_cm@yahoo.com.mx; icauced04@yahoo.com; arq_claudiavila@yahoo.com.mx). ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Relación Agua-Suelo-Planta-Atmosfera. Margen Derecha Canal de Sacramento, Gómez Palacio, Durango. C. P. 35140. Tel + (52) (871) 159. Autor para correspondencia: sanchez.ignacio@inifap.gob.mx.

Resumen

El sistema biológico de una planta de tratamiento de aguas residuales funciona adecuadamente con un rango de potencial de hidrógeno (pH) de 6.5 a 8.5. Una condición neutra se considera un valor de pH de 7; sin embargo, en las aguas residuales de procesos industriales se presentan variaciones importantes. Cuando el potencial de hidrógeno es superior a 10 unidades, el tratamiento biológico puede presentar inhibición, quemaduras a los trabajadores de la instalación e incompatibilidad con los procesos fisicoquímicos de la planta de tratamiento. Por lo tanto, es recomendable controlar el potencial de hidrogeno desde la misma instalación donde se genera. O bien, cubrir los costos por pago de derechos en la descarga de agua residual al sistema de drenaje y alcantarillado municipal; es decir, realizar el pago por tratamiento a la autoridad encargada de regular las descargas de aguas residuales. En la presente nota de investigación se observa la metodología para determinar el rango de incumplimiento de aguas residuales alcalinas, y el costo por pago de derechos en la descarga de agua residual al sistema de tuberías, lo anterior considerando el marco legal y normativo.

Palabras clave: aguas alcalinas, potencial de hidrógeno, pago de derechos rango de incumplimiento, normas de descarga.

Abstract

The biological system of a wastewater treatment plant works well with a range of potential of hydrogen (pH) of 6.5 to 8.5. A neutral condition is considered a pH value of 7; however wastewater of industrial processes varies significantly. When the potential of hydrogen is greater than 10 units, the biological treatment may show inhibition, burns to workers of the installation and incompatibility with the physicochemical processes of the treatment plant. Therefore, it is advisable to control the potential of hydrogen from the same plant where it is generated. Or, cover the cost of fees at the discharge of waste water into the drainage system and municipal sewage; i.e., to pay for treatment to the authority in charge of regulating discharges of wastewater. The present research note shows the methodology to determine the non-complaint range of alkaline wastewater, and the cost of fees at the discharge of waste water into the piping system, the latter considering the legal and regulatory framework.

Key words: alkaline waters, potential of hydrogen, payment of fees, non-complaint range, discharge regulation.

* Recibido: abril de 2012
Aceptado: enero de 2013

Introducción

La medición del ión hidrónico es en el rango de 0 a 14 (Dingrando *et al.*, 2003). Cuando el pH es menor de 1, la disociación del ion hidrógeno es grande: la sustancia es muy ácida; si es 14 se refiere a una sustancia básica fuerte. Una condición neutra es un pH de 7 (CNA, 2000). En las descargas de aguas residuales de procesos industriales, es posible detectar niveles de pH o muy bajos o muy altos. El tratamiento biológico funciona en forma adecuada con un pH de 7; las variaciones pueden tener un impacto significativo en la correcta operación del sistema biológico de una planta de tratamiento: se puede llegar a inhibir la actividad microbial.

Por otro lado, un pH menor de 5 produce corrosión de tuberías y equipos de bombeo. Un pH de 11-12 o más puede causar lesiones (quemaduras), a los trabajadores de la planta de tratamiento (EPA, 1999). Según el índice de Ryznar (i_R) si el valor es menor de 5.5 es fuertemente incrustante, para valores entre 5.5 y 6.2 la incrustación será moderada. Cuando el índice se localiza entre 6.8 y 8.5 existirá una corrosión moderada, mientras que con valores mayores de 8.5 se considera muy corrosivo. El intervalo de equilibrio se encuentra entre valores de 6.2 a 6.8 (Rodríguez y Marín, 1999). En resumen, a valores mayores de pH al de saturación se incrementan los problemas en la operación del sistema de tuberías. Es importante aclarar que las Normas Oficiales Mexicanas, la Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales y reglamentos municipales, indican la medición del pH entre los intervalos ya indicados; es decir no se considera el índice de Ryznar.

A la fecha se han publicado apuntes, manuales y artículos para el establecimiento de programas de pre-tratamiento en donde se incluye el control del valor del pH, por ejemplo: procesos de neutralización de residuos industriales líquidos (Herrera, 2000); control de pH para plantas de tratamiento de aguas residuales (Wilson *et al.*, 2004); Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT); Guía ambiental para la formulación de planes de pre-tratamiento de efluentes industriales (MAVDT, 2002); la Agencia Ambiental de Estados Unidos de América (EPA, 1987; EPA, 1991; EPA, 1994; EPA 1998; EPA, 1999); en México: tratamiento de aguas industriales y re-uso (UNAM, 2000); algunos otros manuales y guías se pueden encontrar en: Cortés *et al.*, 2010; Wills *et al.*, 2010.

Introduction

The measurement of the hydronium ion is in the range 0 to 14 (Dingrando *et al.*, 2003). When the pH is less than 1, the dissociation of hydrogen ion is large: the substance is very acidic; if it is 14 it refers to a strong alkali substance. A neutral condition is a pH of 7 (CNA, 2000). In the discharge of industrial wastewater, it is possible to detect very low or very high pH levels. Biological treatment works properly with a pH of 7, the changes may have a significant impact on the proper operation of the biological system of a treatment plant: it can inhibit microbial activity.

On the other hand, a pH less than 5 produces corrosion on pipelines and pumping equipment. A pH of 11 to 12 or more can cause injuries (burns) to workers of the treatment plant (EPA, 1999). According to Ryznar index (i_R) if the value is less than 5.5 is strongly scaling, to values between 5.5 and 6.2 the scales will be moderate. When the index is located between 6.8 and 8.5 there will be a moderate corrosion, whereas values greater than 8.5 is considered highly corrosive. The balance interval is between the values 6.2 to 6.8 (Rodríguez and Marín, 1999). To sum up, to higher pH values to the saturation it increases the problems in the operation of the piping system. It is important to note that the official Mexican standards, the federal law of applicable rights regulations of national water and municipal regulations, indicate the pH measurement between the intervals already indicated; i.e. Ryznar index is not considered.

To date have been posted notes, manuals and articles for the establishment of programs for pre-treatment which includes control of pH value, for example: neutralization processes of liquid industrial waste (Herrera, 2000); control of pH for sewage treatment plant (Wilson *et al.*, 2004); Ministry of Environment, Housing and Territorial Development (MEHTD or MAVDT for its acronym in Spanish); environmental guide for the formulation of plans for pre-treatment of industrial effluents (MAVDT, 2002), US Environmental Protection Agency (EPA, 1987; EPA, 1991; EPA 1994; EPA 1998; EPA, 1999); in Mexico: industrial water treatment and reuse (UNAM, 2000); some other manuals and guides can be found at: Cortés *et al.*, 2010; Wills *et al.*, 2010.

Legislation and regulation

The right to control the degree of pollution produced by industries relating sewage may be accomplished by establishing municipal regulations. This must be approved

De la legislación y normatividad

Las facultades para controlar el grado de contaminación que generan las industrias en relación con las aguas residuales, pueden llevarse a cabo mediante el establecimiento de un reglamento municipal. Este debe ser aprobado previamente por el congreso de cada estado. Las facultades para implementarlo se fundamenta desde la legislación federal, a través de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos; la Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 1992); el Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (DOF, 1994), Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA, 1988); Ley Federal de Derechos Disposiciones en Materia de Aguas (LFDDMA, 2007). Estas delegan a los estados las facultades para el control de las descargas de aguas residuales. Los estados a su vez delegan la responsabilidad a los municipios a través de la Ley Estatal de Agua, o bien, por el Reglamento Estatal de Aguas y Saneamiento (Cortes *et al.*, 2009).

La norma de calidad para descarga de agua residual al sistema de alcantarillado municipal es la Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal (DOF, 1998). El cumplimiento de las condiciones que se indica en la NOM-002, es de carácter obligatorio para las industrias, comercios y prestadores de servicios.

Los objetivos del presente estudio fueron: 1) realizar una auditoría de agua en una industria que lleva la fabricación de sellos automotrices, lo anterior con el propósito de calcular el rango de incumplimiento de las descargas de agua de procesos alcalinos considerando el marco legal y normativo; y 2) cálculo del pago de derechos por vertido de aguas residuales a la red de drenaje municipal. Aunque la metodología que se detalla enseguida es aplicable a nivel nacional, se toma como ejemplo las disposiciones legales que rigen en el estado de Durango y el reglamento municipal para el municipio de Gómez Palacio, Durango. En el Cuadro 1 se indican los costos de descarga por metro cúbico, para aguas alcalinas y ácidas, la cual es parte de la Ley de Hacienda de los Municipios del Estado de Durango.

El importe por pago de derechos se determinará de acuerdo con las cuotas indicadas en el Cuadro 1. Si la descarga se encuentra fuera de los límites permisibles (superior a 10 o inferior a 5), el volumen descargado se multiplicará por la

by the congress from each state. The right to implement them is based from federal law, through the Constitution of the United Mexican States, the National Water Act, published in the Official Journal of the Federation (DOF, 1992), Regulation of the National Water Act (DOF, 1994), General Law of Ecological Equilibrium and Environmental Protection (LGEEPA, 1988) Federal Law of Rights Regulations of Water (LFDDMA, 2007). These delegates to the states the authority to control wastewater discharges. The states in turn delegate the responsibility to municipalities through the State Water Act or, through the State Regulation of Water and Sanitation (Cortes *et al.*, 2009).

The quality standards for wastewater discharge to the municipal sewer system is the Official Mexican Standard NOM-002-ECOL-1996, which establishes the maximum permissible limits of pollutants in wastewater discharges to municipal or urban sewer systems (DOF, 1998). Compliance of the conditions stated in NOM-002, is mandatory for industries, businesses and service providers.

The objectives of this study were: 1) conduct a water audit in an industry that leads automotive manufacturing seals, this with the purpose of calculating the non-complaint range of water discharges from alkali process considering the legal and regulatory framework and 2) calculating the payment of fees for wastewater discharge to the municipal sewer network. Although the methodology detailed applies nationally, is taken as an example the laws that rule the state of Durango and municipal regulation for the municipality of Gómez Palacio, Durango. Table 1 indicates the discharge costs per cubic meter for alkaline and acid water, which is part of the Finance Act of the municipalities from the state of Durango.

Cuadro 1. Cuotas en pesos por metro cúbico para el potencial de hidrógeno (POGCED, 2001).
Table 1. Shares in pesos per cubic meter for the potential of hydrogen (POGCED, 2001).

Rango de unidades de pH	Cuota por cada metro cúbico descargado
Menor de 5 y hasta 4	\$ 0.037
Menor de 4 y hasta 3	\$ 0.114
Menor de 3 y hasta 2	\$ 0.350
Menor de 2 y hasta 1	\$ 1.020
Menor de 1	\$ 1.414
Mayor de 10 hasta 11	\$ 0.177
Mayor de 11 hasta 12	\$ 0.544
Mayor de 12 hasta 13	\$ 0.772
Mayor de 13	\$ 1.098

cuota que corresponda según el rango de unidades de pH a que se refiere el cuadro 1 (POGCED 2001; LFDDMA, 2007). Para calcular el monto por pago de derechos, se propone la utilización de los conceptos: parámetros, muestra unidades de pH, límite máximo permisible, consumo de agua en m^3/mes^{-1} volumen de descarga en m^3/mes^{-1} , cuota cuadro 1 en $\$/mes^{-1}$ y derechos a liquidar en \$.

Enseguida se describen los datos que deben consignarse en cada una de los conceptos indicados Parámetros: de los resultados de los análisis del laboratorio, se identifica el potencial de hidrógeno. Cabe aclarar que se considera una industria donde el principal problema es el control del pH. Muestra unidades de pH: es el valor en unidades de pH que indica el resultado del laboratorio. Límite máximo permisible: al respecto se pueden tomar dos criterios: a) Incluir los límites que establece la NOM-002-ECOL-1996, el intervalo de 5.5 a 10. 2; b) La Ley Federal de Derechos Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas. Artículo 278-C fracción II que considera los valores del pH superior a 10 o inferior a 5. Herrera (2000) establece que el intervalo del pH para que el sistema biológico de una planta de tratamiento funcione correctamente, debe encontrarse entre 6.5 y 8.5.

En algunos reglamentos municipales es mayor: de 6 a 9. Para el presente caso se tomará el señalado por la Ley Federal de Derechos: superior a 10 e inferior a 5. Según la CNA (2000) todos los cuerpos de agua y aguas residuales poseen un valor de pH que varía de 6.5 a 8.5. Sin embargo, para efectos de aplicación de penalidades, la Ley Federal en Materia de Aguas establece los parámetros ya indicados. Consumo de agua por mes: es el volumen en m^3 tomada del medidor de flujo instalado en la empresa. Volumen de descarga por mes: el gasto que indica el medidor de flujo de aguas residuales instalado en la industria en m^3 . Cuota: como ya se mencionó si la descarga se encuentra fuera del rango 5 a 10, se consulta el Cuadro 1.

Enseguida, se localiza el rango de unidades en la que se encuentra el pH, luego se toma la cuota que corresponda de acuerdo al rango identificado previamente. Derechos a liquidar: es el resultado de multiplicar el volumen de descarga por la cuota identificada anteriormente. Se determinó el costo por el derecho de vertido de aguas residuales al sistema de drenaje municipal de una industria que produce sellos automotrices. El resultado de laboratorio del potencial de hidrógeno fue de 11.5. El Cuadro 2 presenta los resultados de la industria analizada.

The amount for payment of fees shall be determined in accordance with the shares listed in Table 1. If the discharge is out of the permissible limits (greater than 10 or less than 5), the discharge volume is multiplied by the appropriate share according to the range of pH units referred to in Table 1 (POGCED 2001; LFDDMA, 2007). To calculate the payment of fees, we propose the use of the concepts: parameters, sample pH units, maximum permissible limits, water consumption in $m^3 / month^{-1}$, discharge volume in $m^3 / month^{-1}$, share Table 1 in $\$ / month^{-1}$ and duty payable in \$.

Now is described the data that has to be allocated in each of the indicated concepts or parameter: from the results of the laboratory analysis, is identify the potential of hydrogen. It is clear that is considered an industry where the main problem is the control of pH. Sample units of pH: is the unit of pH value indicating the result of the laboratory. Maximum permissible limit: two approaches can be taken: a) Include the limits set by the NOM-002-ECOL-1996, ranging from 5.5 to 10. b). The Federal Law of Rights Regulations of Water, section 278-C fraction II which considers pH values greater than 10 or less than 5. Herrera (2000), states that for a biological system of a treatment plant to work properly, the pH range must be between 6.5 and 8.5.

In some municipal regulations is greater: from 6-9. For this case we will take the values set by the Federal Law: greater than 10 and less than 5. According to the CNA (2000) all bodies of water and wastewater have a pH value ranging from 6.5 to 8.5. However, for purposes of application, the Federal Law on water already sets the parameters indicated. Water consumption per month: is the volume in m^3 taken from the flow meter installed in the company. Discharge volume per month: the consumption that indicates the flow meter of wastewater installed in the company in m^3 . Fee: As mentioned above if the discharge is out of the range 5-10, consult Table 1.

Next, the range of units in which pH is found, and then take the appropriate fee according to the range previously identified. Duty payable: is the result of multiplying the volume of discharge by the fee identified above. It was determined the cost for the right to discharge wastewater to the municipal sewer system of an industry that produces automotive seals. The laboratory result from the potential of hydrogen was 11.5. Table 2 presents the results of the analyzed industry.

Cuadro 2. Pago de derechos por descarga de agua residual con pH que rebasa los límites máximos permisibles (industria de fabricación de sellos automotrices).

Table 2. Payment of fees for wastewater discharge, with pH that exceeds the maximum permissible limits (manufacturing industry of automotive seals).

Parámetros	Muestra unidades de pH	Límite máximo permisible	Consumo de agua m ³ mes ⁻¹	Volumen de descarga m ³ mes ⁻¹	Cuota tabla 1 \$ mes ⁻¹	Derechos a liquidar \$
Potencial Hidrogeno	11.50	5-10	10, 585.00	9,410.07	0.544	5, 119.08

De acuerdo al Cuadro 1. El rango de unidades de pH que le corresponde es el de mayor de 11 hasta 12, por lo tanto la cuota en pesos por metro cúbico de descarga es de \$0.544. Las cuotas que se describen en el cuadro 1 son las mencionadas en el año de su publicación: es recomendable actualizarlas tomando en cuenta el índice nacional de precios al consumidor. De acuerdo al Cuadro 2 el costo mensual por el derecho del vertido de aguas residuales alcalinas al sistema de drenaje y alcantarillado municipal es de \$ 5 119.08. Esta cantidad multiplicada por los 12 meses resultó de \$ 61 429.00 por año.

Lo anterior considerando que no aumente el consumo de agua ni el pH. No obstante, que el rango del pH se encuentra entre los intervalos que indica el Cuadro 1, la autoridad encargada de regular las descargas (el organismo operador de agua) resolverá sobre la aceptación o rechazo de las aguas residuales de procesos industriales analizando lo siguiente: a) los volúmenes de descarga; b) las fluctuaciones de los contaminantes; c) condiciones físicas, químicas y biológicas; y d) instalaciones de recolección, tratamiento y descargas conforme a la normatividad. Cabe mencionar que la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América, considera estas aguas residuales como descargas prohibidas. Una de las acciones que puede tomar la empresa es la siguiente: si la industria produce aguas residuales ácidas y alcalinas, entonces estas se pueden mezclar con una velocidad adecuada (homogeneización), lo anterior, con el propósito de obtener agua residual con niveles neutros de pH; es decir, cercano a 7 (disminuiría el costo por derechos de descarga en forma importante).

Otra de las acciones es considerar la implementación de la tecnología de un tratamiento químico (método de control directo de pH).

En el caso particular de la empresa en estudio, se recomienda un estudio para determinar qué acción es la más conveniente entre las que se encuentra la implementación de un pre-

According to Table 1 the range of pH units that correspond, is the higher than 11 until 12, so the fee in pesos per cubic meter of discharge is \$ 0.544. The fees that are described in Table 1 are those mentioned in the year of its publication: is recommended to update them taking into account the national index of consumer prices. According to Table 2 the monthly cost for the right to discharge alkaline wastewater into the municipal drainage and sewerage system is \$ 5 119.08. This amount multiplied by 12 months was \$ 61 429.00 per year.

The above is considering that the water consumption does not increase and neither the pH. However, the pH range is between the intervals shown in Table 1, the authority responsible to regulate the discharges (the organization that manages water) will decide on the acceptance or rejection of industrial wastewater analyzing the following: a) discharge volumes, b) fluctuations of pollutants; c) physical, chemical and biological conditions, and d) facilities for the collection, treatment and discharge in accordance with the regulations. It is noteworthy that the Environmental Protection Agency of the United States of America, considers these wastewater as prohibited discharges. One of the actions that the company can take is: if the industry produces acidic and alkaline wastewater, then these can be mixed with a suitable speed (homogenization), the above, with the purpose to obtain a residual water with neutral levels of pH, i.e. close to 7 (this would reduce the payment fees of discharge significantly).

Another action is to consider the implementation of a chemical treatment technology (direct control method of pH).

In the particular case of the industry in assessment, is recommend a study to determine what action is most suitable; among them is the implementation of a pre-treatment for pH control before considering to cover the payment fees of

tratamiento para el control del pH antes de considerar cubrir los costos por derechos de descarga en forma mensual a la autoridad encargada de regular los derechos de vertido al sistema de drenaje y alcantarillado municipal.

Conclusiones

Con base en el análisis, es posible que las propias empresas puedan realizar una revisión de la calidad de las aguas residuales que generan sus procesos de producción, y en consecuencia, tomar decisiones para el manejo de su descarga residual, con el fin de disminuir sus costos de mantenimiento y conservación del sistema de alcantarillado, así como un mejor cuidado al ambiente.

En el ejemplo de aplicación se consideró una industria que genera agua residual alcalina, lo anterior con el propósito de establecer el criterio de aplicación de las normas y reglamentos. Además de interpretar correctamente los resultados y sugerir las acciones para el cuidado del ambiente.

Es importante dejar en claro que la metodología que se describe en la presente nota de investigación, sólo puede ser aplicada cuando exista un reglamento municipal debidamente aprobado por las instancias legales ya mencionadas en el presente documento. En este, deben establecerse en forma clara, simple y detallada, los criterios de aplicación para el cálculo del pago de derechos por la descarga de agua residual de procesos industriales, comerciales, domésticos y prestadores de servicios. Únicamente con respecto al valor del pH, lo cual permite la conservación de la infraestructura hidráulica, más no determina el nivel de contaminación de la descarga.

Literatura citada

- Amaya, W. F.; Cañón, O. A. y Avilés, O. F. 2004. Control de pH para planta de tratamiento de aguas residuales. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina de la Facultad de Ingeniería de Bogotá Colombia*. 14:86-95 pp.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2000. Guía para el control de descargas a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. México, D. F. 174 p.

monthly discharge to the authority responsible for regulating the rights of disposal or discharge to the municipal sewer and sewage system.

Conclusion

Based on the analysis, it is possible that the same companies can make a review of the quality of wastewater generated by their production processes and therefore, make decisions for managing their residual discharge, in order to decrease their servicing and maintenance costs of the sewer system, as to a better care to the environment.

In the assessment example was considered an industry that generates alkaline wastewater, this with the purpose of establishing the criteria for the application of rules and regulations; in addition to correctly interpret the results and suggest actions to care for the environment.

It is important to make clear that the methodology described in this research note, can only be applied when there is a municipal regulation duly approved by the statutory bodies already referred to in this document. In this, should be established in a clear, simple and detailed manner, the application criteria for calculating the payment of fees for the discharge of wastewater from industrial, commercial, domestic and service provider's processes. Only with regard to the pH value, which allows the upkeep of hydraulic infrastructure, but it does not determine the level of pollution of the discharge.

End of the English version



- Cortes, M. F.; Martínez, G. I.; Betancourt H. J. y Duke, H. J. 2009. Cálculo del índice de incumplimiento y costo por pago de derechos en la descarga de agua residual de procesos industriales. (Caso Comarca Lagunera). *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*. 13:33-39.
- Cortes, M. F.; Martínez, G. I.; Betancourt, S. F. y Medrano, CH. F. 2009. Control inicial en la descarga de aguas residuales industriales y comerciales. *Revista Conciencia Tecnológica. Instituto Tecnológico de Aguascalientes*. 39:43-49 pp.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1980. NMX-AA-003. Aguas residuales- muestreo. Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México, D. F. 8 p.

- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1992. Ley de Aguas Nacionales. Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos. México, D. F. 42 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1994. Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales. Cámara de Diputados. México, D. F. 68 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1997. NOM-001-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas en aguas y bienes nacionales. SEMARNAT. México, D. F. 35 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1988. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Cámara de Diputados. México, D. F. 103 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1998. NOM-002-ECOL-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano omunicipal. SEMARNAT. México, D. F. 18 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 1998. NOM-003-ECOL-1997 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se re-usen en servicios al público. SEMARNAT. México, D. F. 7 p.
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2000. NMX-AA-008-SCFI-2000. Análisis del agua- determinación del pH método de prueba Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. México, D. F. 36 p.
- Dingrando, L.; Greeg, K. V.; Hainen, N. and Wistrom, Ch. 2005. Química materia y cambio. McGraw-Hill. Colombia. 976 p
- Environmental Protection Agency (EPA). 1987. Guidance manual for preventing interference at POTWs. EUA. 128 p.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1991. Control de descargas irregulares hacia las plantas de tratamiento de aguas residuales USA. 128 p.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1994. Guía, procedimientos y pautas recomendadas para establecer e implementar un programa de pre tratamiento. EUA. 135 p.
- Environmental Protection Agency (EPA). 1998. Manual suplementario para el desarrollo e implementación de limitaciones locales para descargas en conformidad con el programa de pre-tratamiento. EUA. 163 p
- Herrera, Z. L. 2000. Procesos de neutralización de residuos industriales líquidos. Chile. <http://www.ing.uchile.cl/~leherrer/iq651/Apunte1/Fisicoqapu01.htm>.
- Ley Federal de Derechos (LFD). 2007. Disposiciones aplicables en materia de aguas nacionales. Disponible <http://www.cea.nayarit.gob.mx/Descargas/Transparenci%20Fiscal/18.%20LEY%20FEDERAL%20DE%20DERECHOS.pdf>.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). 2002. Guía ambiental para la formulación de planes de pre-tratamiento de efluentes industriales. Colombia. [lhttp://www1.minambiente.gov.co/prensa/publicaciones/guias_ambientales](http://www1.minambiente.gov.co/prensa/publicaciones/guias_ambientales).
- Periódico Oficial del Gobierno Constitucional del estado de Durango (POGCED). 2001. Se adiciona La Ley de Hacienda de los Municipios, del estado de Durango. Gobierno del estado de Durango. México. 88 p.
- Rodríguez, M. J. y Marín, G. R. 1999. Fisicoquímica de aguas. España. http://books.google.com.mx/books?id=0gt-ra9MHHwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2000. Curso: uso eficiente del agua y control de calidad de las descargas de aguas residuales en la industria. México. 185 p.
- Wills, B. A.; Vélez, S.; Arboleda, A. F. y Garcés, J. P. 2010. Propuesta metodológica para la evaluación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el sitio de origen. Revista Escuela de Ingeniería de Antioquía. Colombia. 13:93-105.