

# **Evaluación de las tecnologías instaladas de sistemas de tratamiento de aguas residuales en el Estado Zulia**

**Gerardo Aldana, Lenin Herrera**

*Centro de Investigaciones del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia,  
Maracaibo, Venezuela.*

## **Resumen**

En la región zuliana se desconoce los niveles de eficiencia nominal y operacional de los diversos sistemas instalados para tratar agua residual. Este trabajo consiste en determinar número, ubicación, tipo de tecnología empleada, mantenimiento aplicado y normas empleadas en el diseño de los diferentes sistemas.

Se analizaron 48 sistemas de los 55 construidos para el año de 1987, a través del análisis de su memoria descriptiva y de la de remoción de cada sistema así como los niveles de operación y mantenimiento.

Del estudio se obtuvo que el 55% de la tecnología empleada en la Ingeniería conceptual es extranjera, el 66% de los proyectos se realizaron sin ningún estudio previo al diseño, el 19% utilizaron criterios de diseños fuera de los niveles recomendados por la normativa vigente; se determinó que los sistemas diseñados con las normas nacionales, adolecen de un criterio definido que se adapte a la realidad científica, tecnológica y ambiental del país.

**Palabras claves:** Plantas de tratamiento, tecnología, operación y mantenimiento.

# **Evaluating installed technology for waste water treatment systems in the state of Zulia. A review**

## **Abstract**

The aim of this study is to determine the nominal and operational efficiency of the waste-water treatment systems in the State of Zulia. Forty-eighth of the 55 systems installed in 1987 were selected with a view to determining their location, the type of technology installed, efficiency, design standards and maintenance record. These were used as evaluating parameters for the study.

The study revealed the following:

- 55% of the design technology is of foreign extract;
- 66% of the projects were carried out with no previous study of the design;
- 19% used design criteria not in line with the levels prescribed in the standards then in force;
- Systems designed under local standards lack definite criteria to make them fit into Venezuela's scientific, technical and environmental reality.

**Key words:** Treatment plants, technology, operational, maintenance.

## Introducción

La calidad del ambiente en el Estado Zulia sufre cada día mayor deterioro debido al fenómeno de la contaminación; una de las clases de contaminación que más contribuye a ese deterioro son las descargas de las aguas servidas e industriales al lago de Maracaibo, sin tratamiento previo alguno; sin embargo, existen en la actualidad varios sistemas de tratamiento que se encuentran funcionando, ubicados en la periferia del lago. De estos sistemas se desconoce los niveles de eficiencia nominal y operacional, así como también su número, ubicación, tipo de tecnología empleada, mantenimiento aplicado y normas utilizadas en el diseño de los sistemas construidos y en proyecto. Este trabajo presenta un resumen de los sistemas de operación, construcción y en proyecto ubicado en la zona del Estado Zulia para el año 1988. Se analizó para cada uno de los sistemas la base de datos siguientes: área de ubicación, norma utilizada, población servida, tipo de agua, estudios previos al diseño, procedencia de la ingeniería conceptual e inversión total de la obra.

## Metodología

La metodología empleada en el trabajo fue a través del análisis de las memorias descriptivas de los sistemas y de la observación directa de las instalaciones, con la finalidad de evaluar el tipo de tecnología que se adapte mejor a la región, específicamente a lo que se refiere operación, mantenimiento e insumos energéticos. Se elaboró un formato típico para almacenar los datos de las memorias descriptivas, de manera de evaluar para cada sistema la información específica sobre el área de ubicación, normas utilizadas, caudal [1], población servida, tipo de agua [2], estudios previos a la realización del diseño, procedencia de la ingeniería e inversión total. En las tablas 1 al 6 se presentan en forma resumida la información de las memorias descriptivas para cada sistema en los diferentes municipios del Estado Zulia.

## Evaluación de las tecnologías instaladas de sistemas de tratamiento de agua residuales

### Análisis y Discusión

Para el análisis y discusión de los resultados, se requirió de la agrupación de los sistemas de acuerdo al tipo de tratamiento y su variante.

Se evaluó para los diferentes tipos de tratamientos los porcentajes de remoción de los valores DBO<sub>5</sub>, DQO, ST, NT, Cr y Fe, para ver si se encontraban dentro de los valores recomendados por la literatura [3]; así como también las normas usadas [4], tipo de empresa, eficiencia de la operación y mantenimiento [5], inversión inicial e insumos energéticos. Esta información se refleja en las tablas 7 al 10 de este trabajo.

### Evaluación de los sistemas de tratamiento. Lodos Activados

#### A) Convencionales

El 50% de los sistemas analizados son para tratar aguas domésticas; el 33% de la procedencia de la Ingeniería es europea; y las normas utilizadas son europeas, norteamericanas y venezolanas. El 16% de los sistemas realizan estudios de caracterización y la remoción de la DBO<sub>5</sub>, varía entre los porcentajes promedios del 95-98%, DQO 95%, ST, 77%; SS, 99.9% y NT 66%.

#### B) Aireación Extendida

El 55% de los sistemas analizados tratan efluentes industriales y el 45% domésticos. El 90% de la ingeniería es realizada en Venezuela utilizando norma nacional (INOS) e internacional (WPCF); el resto de la Ingeniería proviene de Europa; se encontró que para los sistemas analizados el 35% realizan estudios de caracterización, el 1% tratabilidad y el 18% realizan análisis de alternativas. El porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub>, varía entre el 85-90%; DQO, 65-75%; SS, 60% y NT 60%.

#### C) Dos etapas (Alta Tasa)

Este sistema de tratamiento no pudo ser totalmente evaluado, de manera de emitir una conclusión general del mismo, porque en la re-

Tabla No. 1  
Revisión de las Memorias Descriptivas de los Proyectos de Sistemas de Tratamiento Construidos en la Región

Municipio: Maracaibo														
Sistema	Área de Ubicación (EIAS)	Normas Usadas	Caudal	Población servida (Pers.)	Tipo de agua	Tipo de Estudio Realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión				Observaciones
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>6</sup> ) Bs.	Mecanización (%)	Automatización (%)	Obra Civil (%)	
Granja Alegria Club	0,0070	INOS	3 L/S	200	Doméstica	No	No	No	Maracaibo. Ing. Elba Rivero. Caracas. Saneaven	2.00	20	15	65	
Residencia Isla Dorada	0,0375 <sup>2</sup>	INOS WPCF	7,64 L/S	2.750	Doméstica	No	No	No	Caracas. Vitomarca	1.00	20	20	60	
Lactuario Alfa	0,0300	INOS	2,78 L/S		Industriales	Si	Si	Si	Valencia. DISA CA	4.00				
Cervecería Regional	0,7500	WPCF	3,704 L/S	400	Industriales + Domésticas	No	No	No	U.S.A. Interbiam C.A. Caracas Impreambiente	4.50	77.78	11.11	11.11	6.000.000 Litros de Cerveza/Mes
Tenería Gustavo Zingg Eminca	1,00	INOS	1,736 L/S	300	Industriales + Domésticas	Si	Si	No	Maracay. Quindeco Dinamarca Kruger Caracas Hidrosaniter	9.50				60.000 Cueros/Mes
Enelven	3,038	E.P.A.	3,78 L/S		Industriales	No	No	Si	Maracaibo: Anteproyecto: Tecnoconsult Proyecto: Passavant Corp. USA.	10.00	50	10	40	832 Megavatios
Ciudad Universitaria LUZ	2,94	INOS	15 L/S	20.000	Domésticas	Si	No	No	Maracaibo C.O.S.A. L.U.Z.	8.00				
Profar	0,05	INOS	1,30 L/S		Industriales	Si	Si	Si	Valencia Toro y Asociados	0,65				

\* Valor Referencial para el año 1987.

(%) Porcentaje calculado en base a la inversión total

Nota: Los espacios en blanco se refieren a información no suministrada.

Tabla No. 2

## Revisión de las Memorias Descriptivas de los Proyectos de Sistemas de Tratamiento Construidos en la Región

Municipio: Maracaibo, Miranda, Urdaneta, Mara

Sistema	Area de Ubicación (HAS)	Normas Usadas	Caudal	Población servida (Pers.)	Tipo de agua	Tipo de Estudio Realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión			Observaciones	
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>6</sup> ) Bs.	Mecanización (I) (%)	Automatización (I) (%)		Obra Civil (I) (%)
Pepsi Cola	0,20	INOS	10 L/S	200	Industriales + Domésticas	Si	No	Si	Caracas Ing. Andrés Hibjan	4.5				10.000.000 de litros de Pepsi Cola/Mes
Coca Cola	0,025	E.P.A.	70 L/S		Industriales	Si	No	No	Colombia. Coca Cola. Mcbo. Ing. Fernando Barboza	0.25				2.124.000 Litros de Coca Cola/Mes
Batería Defensa Aérea	0,010	INOS	120 L/S	500	Domésticas	No	No	No	Caracas Saneaven					Sólo se hizo el proyecto
Cervecería Modelo	5,30	WPCF	66,61 L/S		Industriales	Si	No	No	Europea - Americana Mc. Water	50.00				35.000.000 de Litros de Cerveza más Maltita/mes
Cervecería Modelo Aguas Negras	0,015	WPCF	4,63 L/S	1.200	Domésticas	No	No	No	Maracaibo Ingeniería Polar					Incluido en el Monto Anterior
Puertos de Altagracia Pequíven	1,50	INOS	4.500 M3/Día	15.000	No	No	No	No	Francia Degremont Caracas Veneagua	5.50	30	9	61	Planta Paquete
Cuartel Gral José E. Andrades	0,400	INOS	250 M3/Día	1.000	No	No	No	No	Francia Degremont Caracas Veneagua	0.70				No se ubicó la memoria descriptiva
Matadero Industrial (Mainca)	5,00	INOS	150 M3/Día	200	No	No	No	No	Francia Degremont Caracas Meragra	0.15				1.080 reses/día.
Urb. Nuevo Palmarejo	0,268	INOS	1.200 M3/Día	6.000	No	No	No	No	Caracas Consulting S.C.	5.00				
Lagunas de Estabilización Carrasquero	0,50	INOS	2.280 M3/Día	10.000	No	No	No	No	Maracay Dirección de Saneamiento Ambiental	1.50				
El Moján	1,00	INOS	1.500 M3/Día	50.000	No	No	No	No	Caracas J.R. Hurtado & Asociados.	4.00				

\* Valor Referencial para el año 1987.

(I) Porcentaje calculado en base a la inversión total

Nota: Los espacios en blanco se refieren a información no suministrada.

Tabla No. 3  
Revisión de las Memorias Descriptivas de los Proyectos de Sistemas de Tratamiento Construidos en la Región

Municipio: Bolívar													
Sistema	Área de Ubicación (HAS)	Normas Usadas	Caudal	Población servida (Pers.)	Tipo de agua	Tipo de Estudio Realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión			Observaciones
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>6</sup> ) Bs.	Mecanización (†) (%)	Automatización (†) (%)	
EtoxiI	0.700	INOS WPCF	17.808 M3/Día	80	Industriales + Domésticas	No	No	No	USA. Crowford And Rosell	3.00			
Tenería Santa Rita	0,070	INOS	20,00 M3/Día		Industriales + Domésticas	Si	Si	Si	Valencia - DISA. Maracaibo Inemelca Liquitech	13.00			
Sideroca	0.300		870 M3/Día	530	Industriales	Si	Si	Si	Caracas, Escam Cabimas Sideroca	0,50			4.750 Toneladas de Acero/año
La Salina Lagoven	1.0787	INOS	2.160 M3/Día	11.520	Domésticas	No	No	No	Cabimas Lagoven				A nivel de Proyecto
Estación de Gasolina ULE		INOS	2.250 M3/Día		Domésticas	No	No	No	Caracas, Saver - Guinand Ing. Francisco Canelo				A nivel de Proyecto
Tamare Urb. Lagoven		INOS	2.160 M3/Día	17.280	Domésticas	No	No	No	Tía Juana. Lagoven. Ing. Consuelo de Delgado				Sólo existe la Estación de Bombeo. La planta de tratamiento está a nivel del proyecto.
Tía Juana Maraven Lagoven	0,80	INOS	3.200 M3/Día		Domésticas	No	No	No	Francia Degremont. Caracas Veneagua	4.00			
Lagunillas Norte	1.70	INOS	6.000 M3/Día	20.000	Domésticas	No	No	No	Francia Degremont. Caracas Veneagua	8.00			
Lagunillas Sur	0,50	INOS	2.000 M3/Día	7.000	Domésticas	No	No	No	Francia Degremont. Caracas Veneagua	3.00			

\* Valor Referencial para el año 1987.

(†) Porcentaje calculado en base a la inversión total

Nota: Los Espacios en Blancos se refieren a información no suministrada.

Tabla No. 4  
Revisión de las Memorias Descriptivas de los Proyectos de Sistemas de Tratamiento Construidos en la Región

Municipio: Bolívar-Baralt

Sistema	Área de Ubicación (HAS)	Normas Usadas	Caudal	Población servida (Pers.)	Tipo de agua	Tipo de Estudio Realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión			Observaciones
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>6</sup> ) Bs.	Mecanización (I) (%)	Automatización (I) (%)	
Bachaquero Maraven	0,80	INOS	3.200 M3/Día	10.000	Domésticas	No	No	No	Francia Degremont Caracas Venezuela Veneagua	7,00			
Lagunillas Ciudad Sucre	2,00	INOS	1.200 M3/Día	5.000	Domésticas	No	No	No	Maracaibo Produzca	7,50			En etapa de construcción
Lagunas El Mene	2,00	INOS	3.600 M3/Día	5.000	Domésticas	No	No	No	Maracaibo Produzca	5,80			En etapa de construcción
Provegran		WPCF	58,65 M3/Día		Industriales	No	No	No	Maracaibo Ing. Leopoldo Cedeño				Acceso no permitido
Santa Rita	1,50	INOS	4.500 M3/Día	15.000	Domésticas	No	No	No	Francia Degremont Caracas Venezuela Veneagua	5,50			
Bachaquero	1,50	INOS	4.500 M3/Día	15.000	Domésticas	No	No	No	Francia Degremont Caracas Venezuela Veneagua	5,50			
Barrios R-5 y R-10		INOS WPCF	1.200 M3/Día	4.286	Domésticas	No	No	No	Maracaibo Hydroconsult Asiplan Produzca	10,00			En construcción la primera etapa
Lagunas Pueblo Nuevo Baralt		INOS WPCF		31.000	Domésticas	Sí	No	No	Maracaibo Hydroconsult Asiplan Produzca	22,50			En construcción

\* Valor Referencial para el año 1987.

(I) Porcentaje calculado en base a la inversión total

Nota: Los espacios en blancos se refieren a información no suministrada.

Tabla No. 5  
Revisión de las memorias descriptivas de los proyectos de sistemas de tratamiento construidos en la región

Municipio: Sucre-Colón														
Sistema	Área de Ubicación (HAS)	Normas Usadas	Caudal	Población Servida (PERS.)	Tipo de Agua	Tipo de estudio realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión				Observaciones
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>6</sup> ) Bs.	Mecanización (†) (%)	Automatización (†) (%)	Obra Civil (†) (%)	
Lagunas Caja Seca	1.00	INOS	1.020 M3/DIA	6.000	Doméstica	No	No	No	Maracay-Dirección de Saneamiento Ambiental	4.50				
Lagunas Santa María	0.060		1.090 M3/DIA	5.000	Doméstica	No	No	No	Maracay-Dirección de Saneamiento Ambiental					En construcción, no hay proyecto
Lagunas El Moralito	0.280	INOS	280 M3/DIA	1.650	Doméstica	No	No	No	Maracay-Dirección de Saneamiento Ambiental					
Indulac Sta. Bárbara, Indosa San Carlos	0.50	INOS	1.599 M3/DIA		Industriales	Sí	No	No	Caracas C.V.R. Ingenieros					En construcción 100.000 litros de leche/día
Paicosa	0.9210		783 M3/DIA	150	Industriales + Domésticas	Sí	No	No	Dinamarca Kruger Valeficia Quideco	6.00				Planta paquete 150.000 litros de leche/día
Kraft	0.40	INOS	33 M3/DIA	130	Industriales + Domésticas	Sí	No	No	Dinamarca Kruger Valencia Quideco	14.00				
Restaurante La Maroma		INOS	33 M3/DIA	130	Domésticas	No	No	No	Maracaibo Ing. Gonzalo Hernández					En construcción
Lagunas El Guayabo	0.26	INOS	850 M3/DIA	5.000	Domésticas	No	No	No	Maracay-Dirección de Saneamiento Ambiental	4.50				En construcción estación de bombeo
Lagunas Indulac El Guayabo			526.85 M3/DIA	60	Industriales + Domésticas	Sí	No	No	Caracas Ing. Geza Hibjan					En proyecto. 150.000 litros de leche/día

\* Valor referencial para el año 1987.

(†) Porcentaje calculado en base a la inversión total.

Nota: Los espacios en blanco se refieren a información no suministrada.

Tabla No. 6  
Revisión de las memorias descriptivas de los proyectos de sistemas de tratamiento construidos en la región

Municipio: Perijá														
Sistema	Área de Ubicación (Has)	Normas Usadas	Caudal	Población Servida (PERS.)	Tipo de Agua	Tipo de estudio realizado			Procedencia Ing. Conceptual y Básica	Inversión				Observaciones
						Caracterización	Tratabilidad	Análisis diferentes alternativas		Total (*) (10 <sup>5</sup> ) Bs.	Mecanización (l) (%)	Automatización (t) (%)	Obra Civil (l) (%)	
Canprolac	0,20		800 M3/DIA	305	Industriales + Domésticas	No	No	No	Holanda					Planta paquete importada con la industria. 400.000 kilogramos leche/día
Indulac Machiques	1,80	INOS	1.200 M3/DIA	845	Industriales	No	No	No	Suiza					Planta paquete importada con la industria. 640.000 litros/día
Machiques INOS	1,30	INOS	5.184 M3/DIA	30.000	Domésticas	No	No	No	Caracas INOS					
Lagunas Las Piedras	0,210	INOS	550 M3/DIA	1838	Domésticas	No	No	No	Maracay Dirección de Saneamiento Ambiental	0,10			100	
Lagunas San José de Perijá	2,50	INOS	1.400 M3/DIA	7.000	Domésticas	No	No	No	Caracas INOS					
Inlasaca	0,90	INOS	240 M3/DIA	140	Industriales + Domésticas	No	No	No	Dinamarca Akvadan. Maracaibo. Luzardo y Asociados					300.000 litros leche/día
Villa del Rosario INOS	0,96				Domésticas									No se ubicó la memoria descriptiva
Cemento Catatumbo	1,20X10 <sup>-3</sup>		157 M3/DIA	250	Domésticas	No	No	No	USA. JET. Aeration Company Hidrosaniter Caracas	0,10	50	30	20	Planta paquete
Incubadora Avícola. El Curaríre	5X10 <sup>-3</sup>	INOS	10 M3/DIA	40	Industriales + Domésticas	Si	No	No	Caracas Impreambiente					50.000 pollos/mes

\* Valor referencial para el año 1987

(l) Porcentaje calculado en base a la inversión total

Nota: Los espacios en blanco se refieren a información no suministrada



Tabla No. 7  
Evaluación de las tecnologías instaladas en el Estado Zulia para el tratamiento de las aguas residuales

Tipos de tratamiento	Empresas que lo poseen	Conclusiones de la Operación	Conclusiones del mantenimiento	Inversión inicial	Ins. Ener.
Lodos activados -Convencionales	Cervecería Modelo, Barrio Jorge Hernández, La Salina Lagoven, Tamare Lagoven, Indulac (San Carlos), Indosa, Sta. Bárbara, Indulac Machiques.	La frecuencia del trabajo es 24 hrs. Los problemas más graves se presentan en las rejillas mecánicas que sufren desgaste y las bombas centrífugas que se le desgastan los impeles, sellos, rotores y estatores.	El mantenimiento dado a cada una de las unidades, es preventivo, siguiendo programas diarios, semanal, semestral y anual.	Muy alta. Mayor de 20.000.000 de bolívares.	20 - 30 430 - 450 (C. Modelo) Megavatios/mes
-Aireación extendida	Granja Alegría Club, Conjunto Residencial Islá Dorada, Profar, Pepsi Cola, Coca Cola, Batería de Defensa Aéreas, Estación de Gasolina Ule, Discoteca La Maroma, Canprolac, Incubadora El Curarire, Mainca.	La frecuencia del trabajo es 24 hrs., tiene problemas de desgaste mecánico en las rejillas, en las rolineras y propelas de los aireadores mecánicos (turbinas). En la bombas sumergibles tienen humedad y quemado de los motores, desgaste de impeles y sellos y rotura de la correa en los compresores de aire.	A la mayoría de las unidades se les hace una limpieza física a diario, semanal o mensual. A los motores eléctricos se les hace un mantenimiento preventivo y a los equipos de los sedimentadores correctivos.	Media. Desde 500.000 hasta 5.000.000 de bolívares.	50 - 60 Megavatios/mes
-Estabilización por contacto	Altagracia, Santa Rita, Bachaquero, Tía Juana, Lagunillas Norte y Sur, Bachaquero, Urbanización Nuevo Palmarejo.	La frecuencia de trabajo es 24 hrs. hasta ahora no han presentado fallas los equipos.	Se les hace limpieza diaria, semanal y anual a las unidades. Sólo se dá a los motores eléctricos un mantenimiento preventivo cada 3 meses.	Alta. Desde 5.000.000 a 20.000.000 de bolívares.	70 - 100 Megavatios/mes

gión existe solamente uno (Cervecería Regional) y no se encuentra en funcionamiento.

**D) Zanjas de Oxidación**

El 50% de los sistemas analizados tratan agua servida y el otro 50% aguas industriales. El 85% de los diseños provienen de Europa (Dina-

marca). Al 57% de los sistemas no le fue realizado caracterizaciones. Los porcentajes promedios de remoción de la DBO<sub>5</sub>, varían entre 95-99%; DQO, 98-99%; ST, 55-95% y NT, 83%, según valores suministrados por las empresas. Esta información requiere ser verificada por otros laboratorios.

**Tabla 8**  
Evaluación de las tecnologías instaladas en el Estado Zulia para el tratamiento de las aguas residuales

Tipos de tratamiento	Empresas que lo poseen		Conclusiones de la operación	Conclusiones del mantenimiento	Inversión inicial	Ins. Ener.
Zanja de oxidación	Tenería Zingg, Kraft, (INOS), Cuartel José E. Andrades, Sn. Rafael del Moján (INOS).	Gustavo Paicosa, Machiques Inlasaca,	La frecuencia de la operación es 24 hrs., los problemas de fallas se presentan, en las bombas sumergibles, desgaste de impeles y en los aireadores de cepillos, rotura del rodillo y piñón en el reductor y desgaste de los cojinetes y sellos.	A las unidades de desbaste se les hace limpieza a diario, a las demás mensual y anual. Los motores tienen mantenimiento preventivo cada 6 meses y otro correctivo. El equipo de Barrelos se le da un mantenimiento correctivo, y preventivo a las infiltraciones de los tanques.	Alta. Desde 5.000.000 a 20.000.000 de bolívares.	90 - 140 Megavatios/mes
Lagunas -Estabilización	Ciudad Universitaria, Ciudad Sucre, El Moralito, Las Piedras, San José, Carrasquero.		Este sistema no posee equipos, sólo hay bombas a la entrada y estas tienen desgaste en los impeles y sellos. La frecuencia es 1 hr. de trabajo.	A las lagunas se les hace corte de la maleza mensual en otro anual, los equipos de bombas tienen mantenimiento correctivo.	Baja y Media. Desde 100.000 hasta 5.000.000 de bolívares.	1 - 5 Megavatios/mes
-Aireadas	Provegran, El Mene, Pueblo Nuevo, El Guayabo, Indulac, El Guayabo, Caja Seca.		La frecuencia de trabajo es 8 hrs. de los aireadores, tienen problemas con el rompimiento de la cadena (Caja Seca).	Limpieza del desbaste quincenal, general cada 2 años y el mantenimiento de los motores es correctivo.	Media y Alta. Desde 4.500.000 hasta 20.000.000 de bolívares.	10 - 20 Megavatios/mes

## Lagunas

### A) Estabilización

El 100% de las aguas tratadas son provenientes de aguas municipales, normalmente estos sistemas son construidos por organismos estatales. La ingeniería conceptual y la básica generalmente es realizada en Venezuela. Los porcentajes promedios de remoción de la DBO<sub>5</sub>, varían entre el 85-88%; DQO, 55-85%; ST, 45-90% y NT 71%.

### B) Aireadas

El 33% de las aguas tratadas son industriales. La remoción de la DBO<sub>5</sub>, está entre 95-98%; DQO, 94% y ST 83%. A la mayoría de los sistemas no se le realiza estudios previo al diseño.

### Percoladores Biológicos

Al igual que el sistema de lodos activados de alta tasa, para el sistema de percoladores biológicos, no se logró emitir una conclusión de su funcionamiento, debido a que en la región sólo hay un tipo de tratamiento de esta variante (Santa María) y no está en funcionamiento.

Tabla No. 9  
Evaluación de las tecnologías instaladas en el Estado Zulia para el tratamiento de las aguas residuales

Tipos de tratamiento	Empresas que lo poseen	Conclusiones de la operación	Conclusiones del mantenimiento	Inversión inicial	Ins. Ener.
Percoladores biológicos	Santa María	No se puede emitir una conclusión porque el único sistema no estaba funcionando cuando se hizo la visita.	No se puede emitir una conclusión.	Sin información.	
Físico químico y biológico	Eminca, Ramón Laguna, Enelven, Etoxyl, Tenería Santa Rita y Sideroca.	La frecuencia del sistema varía de 8 a 24 hrs. Los problemas que han tenido es desgaste de válvulas e impeles en las bombas centrifugas y quemado de motores en los agitadores.	Las limpiezas de las unidades de desbaste es a diario y de las otras semanales. Los equipos del aireador tienen mantenimiento preventivo de 1 mes y en otros de 6 meses. Los motores tienen mantenimiento preventivo cada 3 meses.	Baja, Media y Alta desde 100.000 hasta 13.000.000 bolívares.	Varía 5 - 20 90 - 120 Megavatios/mes.
Compactas tipo paquete	Cementos Catatumbo.	La frecuencia del sistema es 24h., la falla que presenta es rompimiento de la correa en los compresores de aire.	Sólo se le hace mantenimiento correctivo y limpieza general cada 3 años.	Baja. Bs. 100.000.	1 - 5 Megavatios/mes.

Tabla No. 10  
Evaluación de las tecnologías instaladas en el Estado Zulia para el tratamiento de las aguas residuales

Tipos de tratamiento	Empresas que lo poseen	Conclusiones de la operación	Conclusiones del mantenimiento	Inversión inicial
Dos etapas (Alta Tasa)	C.A. Lactuario Alfa, Cervecería Regional.	No se puede emitir conclusiones sobre el sistema porque el de la Cervecería Regional no está funcionando.	No se puede emitir una conclusión, porque no hay sistema de esta variante funcionando.	Media. Menor de 5.000.000 de bolívares.

### Físico-Químico Biológico

El 100% de las aguas a tratar son efluentes industriales, el 33% de la procedencia de la ingeniería es de Estados Unidos, el resto es hecha en Venezuela. Los porcentajes promedios de remoción de la DBO<sub>5</sub>, varían en el orden del 33-95%; DQO, 75-98%; ST, 95% y Fe 91%. El 73% de las plantas no realizan estudio previo al diseño y el 27% realizan todos los estudios.

### Compactas Tipo Paquete

Este tipo de sistema no fue posible evaluarlo, porque se analizó escasamente uno, sin embargo se puede decir al respecto que son plantas para bajos caudales [5], generalmente para tratar aguas residuales domésticas y a este tipo de plantas no se les realiza ningún tipo de estudio preliminar. La tecnología e ingeniería es importada, la DBO<sub>5</sub>, está en el orden de 80% de remoción, DQO, 70% y ST 44%.

### Conclusiones

1.- De los 48 sistemas estudiados, el 65% no reúne toda la información necesaria para los parámetros a la entrada, faltando en ellos, datos importantes para las bases de diseño, tales como: concentraciones de sólidos suspendidos, demanda química y bioquímica de oxígeno, dotaciones de los caudales de diseño y máximo horario, con la finalidad de diseñar las unidades para absorber cargas puntuales.

2.- El 58% de los proyectos analizados, cumplen con los criterios de diseño, recomendados en la tabla III, 1.9.1. de la norma INOS para el tratamiento de Lodos Activados y sus variantes; el 21% no reportan información de las memorias descriptivas, porque algunos de los proyectos, son de tecnología importada. El 19% de las plantas utilizan criterios para el diseño, que están fuera de los rangos recomendados por la norma venezolana.

3.- El 66% de los proyectos, no le realizan estudios de caracterización a las aguas crudas, previa a la elaboración del diseño de la planta. Sólo el 34% se los realizan, tomando para ello, una muestra simple, durante un día, representativo para la descarga de la industria, y no para el proceso en sí.

4.- Cada Sistema de Tratamiento merece un estudio de alternativa, evaluando cada uno de los parámetros y escogiendo la mejor de ellas. Sin embargo existen dos tipos de tratamiento de todos los estudiados, que se adaptan satisfactoriamente a las condiciones de nuestra región y pueden utilizarse tanto para tratar aguas domésticas como industriales. Estos son: Zanjias de Oxidación y Lagunas de Estabilización, las cuales poseen gran flexibilidad, para absorber cargas hidráulicas.

### Recomendaciones

1.- Diseñar las plantas de tratamiento para caudales que estén de acuerdo, al uso y empleo que se le da al agua de abastecimiento. Por lo tanto, se debe considerar criterios para estimar la carga hidráulica de diseño, tales como: coeficiente de reingreso del agua de dotación, horario de uso y descarga de las aguas y el número estimado de personas que utilizan las instalaciones sanitarias. De esta forma evitar sobrediseño en las unidades, que elevan los costos de inversión de la obra.

2.- Utilizar modelos de diseño para dimensionar Lagunas de Estabilización [6], que tomen en cuenta las condiciones climatológicas del trópico, de manera de unificar los criterios de diseño, para este tipo de tratamiento en la región. Como ejemplo de ellos, podrían citarse el de correlaciones estadísticas y el californiano [7].

3.- Incorporar como premisa de tratamiento la reutilización de las aguas tratadas con fines y objetivos de adaptación; bien sea para el uso en el agro, industrial, pecuario y ornamental, como por ejemplo de ellos se pueden citar: riego, enfriamiento y acuicultura.

### Referencias

1. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS). Teoría de Diseño y Control de los procesos de clarificación del Agua, 1973.
2. Coplanarh. Criterios para la Clasificación legal y Control de las Aguas, Caracas 1973.
3. Benefield, LD & Randall, C.W.- Biological proces. Design for Wastewater Treatment,

- Prentice-hall Series in Environmental Sciences Granville H. Sewell H. Sewell, editor, 1980.
4. Normas INOS. Anteproyecto de sistema de tratamiento de Aguas Residuales Vol III. 1966.
  5. Degremot, Manual Técnico del Agua, 1973.
  6. Cubillo, T. Armando. Principios de Estabilización Biológica y Lagunas de Estabilización. CIDIAT. Mérida, Venezuela.
  7. Eckenfelder, W.W. Industrial Water Pollution Control. Mc Graw Hill, Co, New York, N.Y., 1966.

Recibido el 05 de Septiembre de 1989

En forma revisada el 09 de Diciembre de 1992