

**CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
GENERADAS EN INSTALACIONES MILITARES
–ESTUDIO DE CASO EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA–**

Por:

DANIEL MORENO

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ, FEBRERO DE 2017**

**CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
GENERADAS EN INSTALACIONES MILITARES
–ESTUDIO DE CASO EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA–**

Por:

DANIEL MORENO

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el Título de
Especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

Director:

JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS, M. E.E.E.

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ, FEBRERO DE 2017**

Bogotá, febrero de 2017

Nota de Aceptación

El trabajo de grado titulado **“CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN INSTALACIONES MILITARES –ESTUDIO DE CASO EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA–**”, presentado por Daniel Emilio Moreno Montenegro, en cumplimiento de los requisitos establecidos para optar al título de especialista en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente, fue aprobado por el Director del Trabajo de Grado.

JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS

Director del Trabajo de Grado

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis Padres, a mi Hermano, a mi Familia entera y a todos aquellos quienes con su amor, cariño y aprecio me permiten desarrollar mis capacidades y mejorar como ser humano. Dedicación especial a la mujer y Esposa que Dios escogió para mi vida, a ella, quién con su apoyo y amor incondicional ha contribuido a materializar mis emprendimientos, entre ellos éste.

Agradecimientos

Simplemente debo agradecer al único ser que hace absolutamente todo posible en nuestras vidas, ... todo...: Dios.

Agradecimiento especial a la Escuela Colombiana de Ingeniería.

Agradecimiento especial al Ejército Nacional – Comando de Ingenieros por los insumos de información suministrados para el desarrollo de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	11
1. OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVO GENERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. ANTECEDENTES	13
3. ANÁLISIS DE CAUDALES AFLUENTES A LAS PTAR.....	15
4. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIONES AFLUENTES A LAS PTAR.....	21
5. DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES	24
6. REQUISITOS DE TRATAMIENTO.....	32
CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	36

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2012)	15
Cuadro 2. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2014)	16
Cuadro 3. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2015)	17
Cuadro 4. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional (Año 2012)	18
Cuadro 5. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional (Año 2014)	19
Cuadro 6. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional (Año 2015)	19
Cuadro 7. Caudal per cápita promedio de aguas residuales en el Ejército Nacional.....	20
Cuadro 8. Caracterización de agua residual afluyente a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2012)	21
Cuadro 9. Caracterización de agua residual afluyente a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2014)	22
Cuadro 10. Caracterización de agua residual afluyente a las PTAR del Ejercito Nacional (Año 2015)	23
Cuadro 11. Caracterización promedio de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional	23
Cuadro 12. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2012)	25
Cuadro 13. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2014)	26
Cuadro 14. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2015)	27
Cuadro 15. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2012)	28

Cuadro 16. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2014)	29
Cuadro 17. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2015)	30
Cuadro 18. Cargas contaminantes per cápita.....	31
Cuadro 19. Cargas contaminantes per cápita promedio de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejercito Nacional	31
Cuadro 20. Requisitos de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Ejército Nacional	32
Cuadro 21. Caudal per cápita de aguas residuales en el Ejército Nacional	34
Cuadro 22. Caracterización promedio de aguas residuales crudas en el Ejército Nacional	34
Cuadro 23. Cargas de contaminación per cápita de aguas residuales crudas en el Ejército Nacional	35

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Sistemas de tratamiento propuestos para el tratamiento de aguas residuales en unidades militares	33

SIGLAS Y ABREVIATURAS

COING	Comando de Ingenieros del Ejército Nacional
DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
NTK	Nitrógeno Total Kjeldahl
pH	Potencial de Hidrógeno
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
RAS	Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico
SSED	Sólidos Sedimentables
SST	Sólidos Suspendidos Totales

INTRODUCCIÓN

La determinación de las tasas de flujo del agua residual, sus cargas contaminantes y en general, el entendimiento de su naturaleza, es esencial en los procesos de diseño y operación de los sistemas de alcantarillado, tratamiento, reutilización o disposición final de las mismas (Muttamara, 1996; Ulsido, 2013). Los caudales y particularmente la composición de las aguas residuales, son función de las actividades que las originan, las cuales varían con el clima y con las características socioeconómicas y culturales de las poblaciones (von Sperling, 2007b).

En razón de la misión investida a las Fuerzas Armadas legítimas de un país –*misión que las obliga a ejercer presencia activa en todo el territorio Nacional, y por ende, a la construcción de instalaciones e infraestructura en locaciones con diferentes condiciones ambientales*–, las aguas residuales que éstas generan exhiben un patrón general inherente a las actividades de la milicia, pero al igual que cualquier otro tipo de residuos líquidos, también presentan variaciones dependiendo de la influencia que tengan las variables y factores ya referidos.

Teniendo en cuenta el amplio y diverso campo de acción espacial del Ejército Nacional, se identificó la necesidad de caracterizar las aguas residuales generadas, de tal forma que la información resultante se pueda emplear en lo sucesivo para orientar el diseño y la gestión a todo nivel de la infraestructura nueva y existente destinada al manejo de esta clase de aguas. Bajo este entendido, el presente estudio representa una contribución de cara a conocer la naturaleza dinámica de las aguas residuales generadas en Instalaciones Militares.

Por medio del presente estudio se llevó a cabo el análisis cuantitativo de los caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional, así mismo se estableció la caracterización promedio de dichas aguas, calculando de igual forma, sus cargas contaminantes diarias y cargas per cápita; finalmente se identificaron los requisitos de tratamiento de estos residuos líquidos en el marco de la norma de vertimientos vigente en el país (Res. MADS 631/2015), al tiempo que se plantearon tres posibles configuraciones de PTAR para el tratamiento de estas aguas.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las aguas residuales generadas en las instalaciones militares del Ejército Nacional de Colombia, a partir de la recopilación y análisis de información existente.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Procesamiento y análisis estadístico de aforos de caudales y caracterizaciones fisicoquímicas y microbiológicas de aguas residuales afluentes a las PTAR existentes en el Ejército Nacional.
- Determinación de cargas contaminantes en términos de población servida en las instalaciones militares.
- Determinación de los requisitos de tratamiento de las aguas residuales para el cumplimiento de la norma nacional de vertimientos.

2. ANTECEDENTES

La información empleada para el desarrollo del presente estudio, incluyendo la debida autorización de uso, fue suministrada por el Ejército Nacional – Comando de Ingenieros (COING) (Anexo 1).

Las características fisicoquímicas y microbiológicas de las aguas residuales a que refiere este estudio, son el producto de jornadas de muestreos compuestos de 24 horas de duración, contratadas por el Ejército Nacional de Colombia con laboratorios acreditados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM durante los años 2012, 2014 y 2015. Estos muestreos se efectuaron en unidades militares seleccionadas.

En el año 2012 fueron monitoreados los siguientes parámetros: DBO₅, DQO, SSED, SST, Grasas y Aceites, Tensoactivos, pH y Fenoles Totales, en veintitrés (23) unidades militares ubicadas en San Vicente de Chucuri (Santander), Puerto Berrio (Antioquia), Caucasia (Antioquia), Santa Marta (Magdalena), Socorro (Santander), Río Negro (Antioquia), Calamar (Atlántico), Uribe (Meta), Barrancabermeja (Santander), Villagarzón (Putumayo), Ibagué (Tolima), Malambo (Atlántico), Garzón (Huila), Florencia (Caquetá), Aguachica (Cesar), Las Ánimas (Chocó), Carepa (Antioquia), San Pedro de Urabá (Antioquia), Tauramena (Casanare), Cantimplora (Santander) y Puerto Boyacá (Boyacá).

Para el año 2014 se cuenta con información de Alcalinidad, DBO₅, DQO, Fenoles Totales, Fosfatos, Fosforo, Grasas y Aceites, Nitratos, Nitrógeno Amoniacal, NTK, Nitrógeno Total, Oxígeno Disuelto, pH, SSED, SST, Tensoactivos, Coliformes Totales y E. Coli; en dieciocho (18) unidades militares ubicadas en: San Vicente de Chucuri (Santander), Albania (La Guajira), Valledupar (Cesar), Malambo (Atlántico), Aracataca (Magdalena), Puerto Inírida (Guainía), Venecia (Caquetá), Puerto Carreño (Vichada), Socorro (Santander), El Espino (Boyacá), Quibdó (Chocó), Pitalito (Huila), Popayán (Cauca), San José del Guaviare (Guaviare), Leticia (Amazonas), Calamar (Atlántico), Puerto Boyacá (Boyacá) y Fusagasugá (Cundinamarca).

Finalmente, en el año 2015 fueron monitoreados los siguientes parámetros: Grasas y Aceites, DBO₅, SSED, SST, Tensoactivos, pH, Fenoles Totales; en veintidós (22) unidades militares ubicadas en: Tumaco (Nariño), Cali (Valle), Cimitarra (Santander), Caucasia (Antioquia), Barrancabermeja (Santander), Florencia (Caquetá), Malambo (Atlántico), Aracataca (Magdalena), Las Ánimas (Chocó), Larandia (Caquetá), Leticia (Amazonas), Duitama (Boyacá), Quibdó (Chocó), Salazar Palmas (Norte de Santander), Fusagasugá (Cundinamarca), Sumapaz (Cundinamarca), Apiay (Meta), Popayán (Cauca), San Sebastián (Cauca) y Puerto Carreño (Vichada).

3. ANÁLISIS DE CAUDALES AFLUENTES A LAS PTAR

En los Cuadro 1, Cuadro 2 y Cuadro 3 se relacionan los caudales mínimos, medios y máximos observados durante las jornadas de muestreo compuesto realizadas en el agua residual afluyente a las PTAR en los años 2012, 2014 y 2015 respectivamente.

A partir de la información presentada en el Cuadro 1, se puede identificar que en el año 2012 los caudales se encuentran en un rango de 0,03 L/s y 5,0 L/s, asociados a poblaciones entre 500 y 3000 personas aproximadamente.

**Cuadro 1. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional
(Año 2012)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s) MUESTREO 24 HORAS		
				Q MIN	Q MED	Q MAX
BILUD	San Vicente de Chucuri	LAGUNAJE	15,7 °C	1,10	1,29	1,56
BIBOM	Puerto Berrio	LAGUNAJE	14,7 °C		5,00	
BIRIF	Caucasia	REACTOR ANAEROBIO	16,3 °C		2,31	
BAMRU	Santa Marta	LODOS ACTIVADOS	16,2 °C	1,62	2,14	2,92
BAGAL	Socorro	LODOS ACTIVADOS	13,2 °C	1,91	2,22	2,65
GMJC	Río Negro	LODOS ACTIVADOS	15,2 °C		2,27	
BICAM	Calamar	LAGUNAJE	16,8 °C	1,25	1,57	1,75
BIGOH	Uribe	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	1,61	1,87	2,09
BAGRA	Barrancabermeja	LODOS ACTIVADOS	12,8 °C	1,08	1,97	2,86
BIROR	Villagarzón	LAGUNAJE	12,1 °C	1,41	1,91	2,40
BASPC6	Ibagué	LODOS ACTIVADOS	19,6 °C	0,99	1,22	1,45
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	18,7 °C	1,42	1,85	2,40
BIPIG	Garzón	LAGUNAJE	17,3 °C		2,48	
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	1,40	1,85	2,30
BITER5	Aguachica	LAGUNAJE	13,2 °C	1,20	1,50	1,83
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	0,00	0,02	0,03
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	0,83	1,19	1,67
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	0,98	1,19	1,40
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	0,67	0,86	1,25
BIVEL	San Pedro de Urabá	LAGUNAJE	16,0 °C	0,54	0,93	1,20
BIRNO	Tauramena	LAGUNAJE	17,0 °C	0,45	0,62	0,85
BICAB	Cantimplora	LODOS ACTIVADOS	18,0 °C	1,62	2,04	2,35
BIBAR	Puerto Boyacá	LAGUNAJE	17,0 °C	1,25	1,87	2,36
REGISTRO MINIMO			12,1 °C	0,00	0,02	0,03
PROMEDIO			16,0 °C	1,12	1,75	1,86
REGISTRO MAXIMO			19,6 °C	1,91	5,00	2,92

En el año 2014 el comportamiento de los caudales varía con respecto a los caudales observados en 2012 (Cuadro 2), habida cuenta que en ciertas unidades militares los caudales afluentes a las PTAR presentaron un incremento significativo para la misma población servida; éste incremento puede atribuirse a la ocurrencia de eventos de precipitación que generaron aportes adicionales de agua a la red de alcantarillado, principalmente en la unidad militar BILUD, BIVER, BICAM y BIBAR. En el año 2014 los caudales observados oscilan en el rango de los 0,17 L/s a 17,86 L/s, asociados a poblaciones entre 500 y 3000 personas aproximadamente.

Cuadro 2. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (Año 2014)

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s) MUESTREO 24 HORAS		
				Q MIN	Q MED	Q MAX
BILUD	San Vicente de	LAGUNAJE	24,5 °C	1,050	2,285	6,430
BIMUR	Valledupar	LODOS ACTIVADOS	26,3 °C	0,205	0,383	0,879
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	27,1 °C	5,560	6,740	8,000
BITER2	Aracataca	LODOS ACTIVADOS	26,4 °C	0,000	2,786	11,445
BIPIN	Puerto Inírida	LODOS ACTIVADOS	25,4 °C	7,527	12,471	17,857
BIMEJ	Venecia	LAGUNAJE	25,8 °C	0,630	1,624	3,100
BASPC28	Puerto Carreño	LODOS ACTIVADOS	26,6 °C	4,425	5,237	6,431
BAGAL	Socorro	LODOS ACTIVADOS	23,1 °C	0,226	0,585	1,185
BAMGU	El Espino	REACTOR	4,2 °C	0,096	0,169	0,288
BIAMA	Quibdó	BIODISCOS	25,8 °C	0,096	2,152	3,478
BIMAG	Pitalito	REACTOR	17,6 °C	2,140	5,330	8,350
BASPC29	Popayán	LAGUNAJE	18,3 °C	0,272	1,428	2,400
BASPC22	San José del	LODOS ACTIVADOS	26,9 °C	0,079	1,074	3,846
BASPC26	Leticia	LODOS ACTIVADOS	24,3 °C	0,000	1,554	9,259
BICAM	Calamar	LAGUNAJE	26,8 °C	0,163	1,882	6,981
BIBAR	Puerto Boyacá	LAGUNAJE	27,4 °C	5,854	7,214	9,160
BISUM	Fusagasugá	LODOS ACTIVADOS	19,3 °C	0,501	0,999	1,675
REGISTRO MINIMO			4,2 °C	0,00	0,17	0,29
PROMEDIO			23,6 °C	1,70	3,17	5,93
REGISTRO MAXIMO			29,4 °C	7,53	12,47	17,86

En el año 2015 tal como se aprecia en el Cuadro 3, los caudales de aguas residuales generados en las unidades militares oscilan entre los 0,07 L/s y 60,29 L/s. Para dicho año, es importante referenciar el incremento extraordinario de los caudales registrados en la unidad militar BASPC29 respecto a los caudales del año 2012, incremento que fue el resultado de aportes de aguas lluvias a la red de alcantarillado durante la correspondiente jornada de aforo. En el año 2015 los caudales de aguas residuales originados en las unidades militares del Ejército Nacional están en el rango de los 0,07 L/s y 6,8 L/s (excluyendo el caudal máximo observado en el BASPC29), asociados a poblaciones entre 500 y 3000 personas aproximadamente.

**Cuadro 3. Caudales de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional
(Año 2015)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s) MUESTREO 24 HORAS		
				Q_MIN	Q_MED	Q_MAX
BASGO	Tumaco	LODOS ACTIVADOS	24,9 °C	0,295	2,143	3,861
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	24,8 °C	0,482	1,324	1,923
BITER2	Aracataca	LODOS ACTIVADOS	27,4 °C	0,000	1,111	2,890
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	27,4 °C	3,681	5,031	6,436
BASPC26	Leticia	LODOS ACTIVADOS	25,1 °C	0,000	0,447	0,904
BIAMA	Quibdó	BIODISCOS	27,9 °C	0,602	1,016	1,471
BISUM	Fusagasugá	LODOS ACTIVADOS	19,8 °C	0,727	1,013	1,215
BAMAR	Sumapaz	LODOS ACTIVADOS	7,6 °C	0,182	0,312	0,402
BASER7	Apiay	LODOS ACTIVADOS	26,0 °C	2,000	4,374	6,800
BAMHE	San Sebastián	LODOS ACTIVADOS	11,4 °C	0,029	0,048	0,065
REGISTRO MINIMO			7,6 °C	0,00	0,05	0,07
PROMEDIO			23,7 °C	0,80	1,68	2,60
REGISTRO MAXIMO			30,4 °C	3,68	5,03	6,80

En los Cuadro 4, 0, Cuadro 6 y Cuadro 7 se presentan los caudales per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional; dichos caudales fueron calculados empleando los datos de población y caudales afluentes a las PTAR consignados en los Cuadro 1, Cuadro 2 y Cuadro 3. Los resultados obtenidos indican de forma generalizada caudales de aguas residuales

per cápita altos, o muy cercanos al consumo per cápita medio de agua potable (150 L/hab.día) establecido en el RAS 2010, numeral 2.5.3.6 para las instalaciones militares.

Las causas que generan esta situación pueden atribuirse, por una parte, al aporte de caudales pluviales a la red de alcantarillado de las unidades militares que propician el incremento de los caudales sanitarios que ingresan a las PTAR y, por otro lado, a un consumo per cápita de agua potable que eventualmente podría superar el estándar prestablecido en el RAS de 150 L/hab.día.

**Cuadro 4. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional
(Año 2012)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	POBLACION (hab)	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s)			CAUDAL PER CAPITA DE AGUA RESIDUAL (L / hab . día)		
				Q MIN	Q MED	Q MAX	q MIN	q MED	q MAX
BILUD	San Vicente de Chucurí	15,7 °C	500	1,100	1,289	1,560	190,08	222,74	269,57
BIBOM	Puerto Berrío	14,7 °C							
BIRIF	Caucasia	16,3 °C	500		2,310			399,17	
BAMRU	Santa Marta	16,2 °C	400	1,620	2,139	2,920	349,92	462,02	630,72
BAGAL	Socorro	13,2 °C	500	1,910	2,220	2,650	330,05	383,62	457,92
GMJC	Río Negro	15,2 °C	1000		2,270			196,13	
BICAM	Calamar	16,8 °C	1000	1,250	1,566	1,750	108,00	135,30	151,20
BIGOH	Uribe	16,0 °C	500	1,610	1,870	2,090	278,21	323,14	361,15
BAGRA	Barrancabermeja	12,8 °C	1000	1,080	1,970	2,860	93,31	170,21	247,10
BIROR	Villagarzón	12,1 °C	500	1,410	1,905	2,400	243,65	329,18	414,72
BASPC6	Ibagué	19,6 °C	2000	0,990	1,220	1,450	42,77	52,70	62,64
BIVER	Malambo	18,7 °C	3000	1,420	1,850	2,400	40,90	53,28	69,12
BIPIG	Garzón	17,3 °C	500		2,480			428,54	
BASPC12	Florencia	16,0 °C	2000	1,400	1,850	2,300	60,48	79,92	99,36
BITER5	Aguachica	13,2 °C	3000	1,200	1,502	1,830	34,56	43,26	52,70
BIJUL	Las Ánimas	17,0 °C	500	0,001	0,018	0,034	0,17	3,02	5,88
BIJUL	Las Ánimas	17,0 °C	500	0,830	1,189	1,670	143,42	205,46	288,58
BASPC17	Carepa	16,0 °C	1000	0,980	1,190	1,400	84,67	102,82	120,96
BASPC17	Carepa	17,0 °C	1000	0,670	0,860	1,250	57,89	74,30	108,00
BIVEL	San Pedro de Urabá	16,0 °C	500	0,540	0,927	1,200	93,31	160,19	207,36
BIRNO	Tauramena	17,0 °C	500	0,450	0,620	0,850	77,76	107,14	146,88
BICAB	Cantíplora	18,0 °C	1000	1,620	2,043	2,350	139,97	176,52	203,04
BIBAR	Puerto Boyacá	17,0 °C	500	1,250	1,870	2,360	216,00	323,14	407,81
PROMEDIO		16,0 °C	996	1,12	1,60	1,86	136,06	201,44	226,56
INTERVALO		12.1°C ↔ 19.6°C	400hab ↔ 3000hab	0.001 ↔ 1.91	0.018 ↔ 2.48	0.034 ↔ 2.92	0.173 ↔ 349.9	3.024 ↔ 462	5.87 ↔ 630.7
DESVIACION ESTANDAR (σ)		1.85	791	0,47	0,62	0,74	103,64	138,68	165,71

**Cuadro 5. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional
(Año 2014)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	POBLACION (hab)	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s)			CAUDAL PER CAPITA DE AGUA RESIDUAL (L / hab . día)		
				Q MIN	Q MED	Q MAX	q MIN	q MED	q MAX
BILUD	San Vicente de Chucuri	24,5 °C	500	1,81	3,95	11,11	313,53	682,30	1.920,05
BIMUR	Valledupar	26,3 °C	500	2,17	4,54	9,30	374,62	783,87	1.606,30
BIVER	Malambo	27,1 °C	3000	13,58	16,46	19,53	391,06	474,05	562,36
BITER2	Aracataca	26,4 °C	3000		1,34	5,55		38,59	159,72
BIPIN	Puerto Inírida	25,4 °C	500	13,67	21,55	3,86	2.361,42	3.723,82	666,47
BIMEJ	Venezia	25,8 °C	500	0,44	1,12	2,14	75,25	193,98	370,26
BASPC28	Puerto Carreño	26,6 °C	1000	7,32	8,64	1,61	632,72	746,70	139,34
BAGAL	Socorro	23,1 °C	500	0,14	0,35	0,72	23,62	61,15	123,84
BAMGU	El Espino	4,2 °C	500	0,71	1,25	2,13	122,97	216,49	368,92
BIAMA	Quibdó	25,8 °C	500	0,49	11,44	17,85	85,14	1.977,67	3.084,42
BIMAG	Pitalito	17,6 °C	1000	1,85	4,65	7,21	159,75	401,86	623,32
BASPC29	Popayán	18,3 °C	2000	0,20	1,49	1,76	8,63	64,25	76,14
BASPC22	San José del Guaviare	26,9 °C	2000	0,12	1,68	6,15	5,34	72,56	265,48
BASPC26	Leticia	24,3 °C	3000		0,43	2,53		12,25	72,96
BICAM	Calamar	26,8 °C	500	0,80	8,20	3,40	137,88	1.416,14	587,38
BIBAR	Puerto Boyacá	27,4 °C	500	15,27	18,82	23,91	2.639,47	3.252,67	4.132,48
BISUM	Fusagasugá	19,3 °C	500	2,55	5,93	8,54	441,31	1.023,88	1.475,45
PROMEDIO		23,6 °C	1177	4,07	6,58	7,49	518,18	890,72	954,99
INTERVALO		4,2°C ↔ 29,4°C	500hab ↔ 3000hab	0,12 ↔ 15,27	0,35 ↔ 21,55	0,72 ↔ 23,91	5,34 ↔ 2639,5	12,24 ↔ 3723,8	72,96 ↔ 4132,5
DESVIACION ESTANDAR (σ)		5,84	1000	5,53	6,75	6,94	827,01	1.119,35	1.157,57

**Cuadro 6. Caudal per cápita de aguas residuales generadas en el Ejército Nacional
(Año 2015)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	POBLACION (hab)	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR (L / s)			CAUDAL PER CAPITA DE AGUA RESIDUAL (L / hab . día)		
				Q MIN	Q MED	Q MAX	q MIN	q MED	q MAX
BASGO	Tumaco	24,9 °C	500	0,16	1,15	2,68	27,35	198,37	463,56
BASPC12	Florencia	24,8 °C	2000	0,17	0,46	0,67	7,29	20,01	29,07
BITER2	Aracataca	27,4 °C	3000		0,15	0,40		4,42	11,51
BIJUL	Las Ánimas	27,4 °C	500	0,59	0,70	0,89	101,71	120,18	153,74
BASPC26	Leticia	25,1 °C	3000		0,14	0,29		4,08	8,25
BIAMA	Quibdó	27,9 °C	500	2,26	3,90	5,52	390,07	673,50	953,15
BISUM	Fusagasugá	19,8 °C	500	0,75	1,53	1,26	130,25	264,01	217,68
BAMAR	Sumapaz	7,6 °C	500	0,39	0,67	0,87	67,93	116,45	150,05
BASER7	Apiay	26,0 °C	1000	0,13	0,26	0,41	11,20	22,86	35,53
BAMHE	San Sebastián	11,4 °C	500	0,37	0,50	0,67	63,45	86,00	116,45
PROMEDIO		23,7 °C	1200	0,60	0,95	1,37	99,91	150,99	213,90
INTERVALO		7,6°C ↔ 30,4°C	500hab ↔ 3000hab	0,13 ↔ 2,25	0,14 ↔ 3,89	0,28 ↔ 5,15	7,29 ↔ 390,07	4,08 ↔ 673,5	8,24 ↔ 953,15
DESVIACION ESTANDAR (σ)		5,99 °C	1060	0,70	1,13	1,61	124,89	203,04	293,50

Cuadro 7. Caudal per cápita promedio de aguas residuales en el Ejército Nacional

AÑO	CAUDAL PER CAPITA PROMEDIO DE AGUA RESIDUAL (L / hab . día)		
	q MIN promedio	q MED promedio	q MAX promedio
2012	136,06	201,44	226,56
2014	518,18	890,72	954,99
2015	99,91	150,99	213,90
PROMEDIO	251,38	414,38	465,15
INTERVALO	99.91 ↔ 518.2	150.99 ↔ 890.7	213.90 ↔ 955

4. ANÁLISIS DE CARACTERIZACIONES AFLUENTES A LAS PTAR

Las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual afluente a las PTAR del Ejército Nacional durante los años 2012, 2014 y 2015, se presentan en los Cuadro 8, Cuadro 9 y Cuadro 10 respectivamente. El 0 compila la caracterización promedio de los años ya mencionados; los datos consignados en éste cuadro evidencian la existencia de grandes desviaciones estándar entre los valores promedio de los tres años con registros, especialmente para DBO, DQO, SST y caudal; altas desviaciones estándar son el reflejo de datos con altas medidas de dispersión, debido al efecto de la dilución por aguas lluvias.

Cuadro 8. Caracterización de agua residual afluente a las PTAR del Ejército Nacional (Año 2012)

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CARACTERIZACION AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR							
				DBO ₅ (mg O ₂ /l)	DQO (mg O ₂ /l)	SSED (ml/l)	SST (mg/l)	GRASAS Y ACEITES (mg/l)	TENSOACTIVOS (mg/l)	pH	FENOLES TOTALES (mg Fenol/l)
BILUD	San Vicente de Chucurí	LAGUNAJE	15,7 °C	362,00	970,00	4,00	424,00	24,00	4,20	6,05	0,35
BIBOM	Puerto Berrio	LAGUNAJE	14,7 °C	435,00	798,00	2,50	286,00	19,00	9,70	6,18	0,21
BIRIF	Caucasia	REACTOR ANAEROBIO	16,3 °C	431,00	831,00	1,50	186,00	27,00	3,80	6,14	0,32
BAMRU	Santa Marta	LODOS ACTIVADOS	16,2 °C	423,00	1.003,00	5,00	498,00	23,00	4,90	5,81	0,37
BAGAL	Socorro	LODOS ACTIVADOS	13,2 °C	448,00	1.182,00	10,00	388,00	29,00	7,60	6,32	0,55
GMJC	Río Negro	LODOS ACTIVADOS	15,2 °C	446,00	800,00	1,30	268,00	17,00	7,10	6,16	0,35
BICAM	Calamar	LAGUNAJE	16,8 °C	435,00	725,00	3,00	378,00	11,00	5,30	6,11	0,11
BIGOH	Uribe	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	448,00	957,00	0,50	254,00	15,00	9,30	6,06	< 0,10
BAGRA	Barrancabermeja	LODOS ACTIVADOS	12,8 °C	327,00	758,00	1,00	148,00	< 10,00	9,40	6,10	< 0,10
BIROR	Villagarzón	LAGUNAJE	12,1 °C	444,00	884,00	3,00	390,00	33,00	8,50	6,14	0,36
BASPC6	Ibagué	LODOS ACTIVADOS	19,6 °C	495,00	1.109,00	< 0,10	378,00	24,00	4,30	5,97	0,35
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	18,7 °C		1.800,00	< 0,10	312,00	14,00	7,60	5,96	0,19
BIPIG	Garzón	LAGUNAJE	17,3 °C		844,00	1,00	384,00	17,00	8,60	5,98	0,30
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	387,00	638,00	1,50	372,00	< 10,00	6,20	6,06	0,15
BITER5	Aguachica	LAGUNAJE	13,2 °C	588,00	871,00	1,00	288,00	18,00	9,20	5,95	0,68
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	208,00	329,00	2,00	166,00	10,00	8,90	5,55	< 0,10
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	204,00	296,00	1,90	120,00	21,00	3,50	6,15	< 0,10
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	16,0 °C	397,00	472,00	< 0,10	546,00	40,00	2,70	5,65	< 0,10
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	17,0 °C	80,00	200,00	< 0,10	44,00	24,00	4,80	5,10	< 0,10
BIVEL	San Pedro de Urabá	LAGUNAJE	16,0 °C	474,00	1.013,00	6,00	673,00	15,00	3,20	6,15	0,12
BIRNO	Tauramena	LAGUNAJE	17,0 °C	164,00	376,00	0,50	116,00	< 10,00	17,00	6,20	0,17
BICAB	Cantimplora	LODOS ACTIVADOS	18,0 °C	216,00	424,00	0,50	153,00	< 10,00	17,00	6,05	< 0,10
BIBAR	Puerto Boyacá	LAGUNAJE	17,0 °C	370,00	758,00	5,00	282,00	37,00	5,00	5,30	0,11
REGISTRO MINIMO			12,1 °C	80,00	200,00	0,10	44,00	10,00	2,70	5,10	0,10
PROMEDIO			16,0 °C	370,57	784,26	2,24	306,7	19,91	7,30	5,96	0,23
REGISTRO MAXIMO			19,6 °C	588,00	1.800,00	10,00	673,00	40,00	17,00	6,32	0,68
INTERVALO			12,1°C ↔ 19,6°C	80 ↔ 588	200 ↔ 1800	0,1 ↔ 10	44 ↔ 673	10 ↔ 40	2,7 ↔ 17	5,1 ↔ 6,315	0,1 ↔ 0,68
DESVIACION ESTANDAR (σ)			1,85	126,36	349,73	2,41	151,49	8,88	3,80	0,30	0,16

**Cuadro 9. Caracterización de agua residual afluyente a las PTAR del Ejército Nacional
(Año 2014)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CARACTERIZACION AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR																	
				ALCALINIDAD (mg Al/l)	DBO5 (mg O2/l)	DOO (mg O2/l)	FENÓLES TOTALES (mg Fenol/l)	FOSFATOS (mg PO4-3/l)	FOSFORO TOTAL (mg P/l)	GRASAS Y ACEITES (mg /l)	NITRATOS (mg N-NO3/l)	NITROGENO AMONIACAL (mg N-NH3/l)	NTK (mg N/l)	NITROGENO TOTAL (mg N/l)	OXIGENO DISUELTTO (mg O2/l)	pH	SSED (mil)	SST (mg/l)	TENSIOACTIVOS (mg/l)	CLIFORMES TOTALES (NMP/100ml)	E. COLI (NMP/100ml)
BILUD	San Vicente de	LAGUNAJE	24,5 °C	167,00	63,00	100,00	0,20	1,79	3,00	11,60	0,30	4,75	7,70	8,15	1,20	7,32	5,69	40,00	-	-	241.960
BIMUR	Valledupar	LODOS ACTIVADOS	26,3 °C	165,00	110,00	612,00	0,26	3,34	4,39	11,00	0,42	19,98	20,60	21,23	0,20	7,67	1,00	85,00	5,80	1.732.900	387.300
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	27,1 °C	137,00	41,00	113,00	0,08	N.A.	7,20	3,60	0,60	15,71	16,10	17,00	0,20	7,72	0,80	73,00	0,20	960.600	122.400
BITER2	Aracataca	LODOS ACTIVADOS	26,4 °C	41,00	76,00	167,00	0,13	1,09	5,80	6,70	0,30	1,82	5,00	5,45	0,90	7,03	0,50	34,00	0,40	241.960	111.990
BIPIN	Puerto Inírida	LODOS ACTIVADOS	25,4 °C	59,00	51,00	100,00	0,14	1,43	2,00	8,00	0,90	6,01	8,30	9,65	0,20	6,72	0,50	40,00	0,20	1.299.700	32.800
BIMEJ	Venecia	LAGUNAJE	25,8 °C	31,00	22,00	40,00	0,19	0,12	1,10	6,10	0,30	6,68	6,90	7,35	0,20	6,77	0,80	42,00	0,50	2.419.600	1.000 *
BASPC28	Puerto Carreño	LODOS ACTIVADOS	26,6 °C	151,00	75,00	191,00	0,30	2,00	4,50	48,00	0,40	20,05	21,80	22,40	0,20	7,81	2,50	172,00	1,30	90.800	31.800
BAGAL	Socorro	LODOS ACTIVADOS	23,1 °C	125,00	11,00	35,00	0,03	N.A.	2,10	2,00	0,30	10,90	11,40	11,85	0,20	8,11	0,30	10,00	0,40	241.960	198.630
BAMGU	El Espino	REACTOR	4,2 °C	4,00	248,00	429,00	1,06	N.A.	10,00	109,40	0,30	14,32	14,60	15,05	0,30	7,04	34,00	610,00	0,70	2.419.600	770.100
BIAMA	Quibdó	BIODISCOS	25,8 °C	145,00	156,00	297,00	0,18	2,92	4,70	22,00	0,60	10,38	11,30	12,20	0,50	6,94		122,00	2,30	261.300	
BIMAG	Pitalito	REACTOR	17,6 °C	199,00	85,00	100,00	0,25	4,34	7,40	5,70	0,30	27,95	28,00	28,45	0,20	7,95		55,00	21,00	2.419.600	
BASPC29	Popayán	LAGUNAJE	18,3 °C	102,00	47,00	170,00	0,23	2,16	3,20	10,20	0,40	15,28	15,40	16,00	3,00	7,10	0,80	29,00	1,30	1.413.600	85.700
BASPC22	San José del	LODOS ACTIVADOS	26,9 °C	152,00	107,00	362,00	0,02	-	4,40	18,90	0,90	22,75	23,10	24,45	0,20	7,05	2,00	72,00	3,10	241.960	
BASPC26	Leticia	LODOS ACTIVADOS	24,3 °C	109,00	45,00	95,00	0,13	4,83	7,02	4,70	0,40	13,77	14,20	14,80	0,20	6,30	0,40	32,00	0,70	2.419.600	1.986.300
BICAM	Calamar	LAGUNAJE	26,8 °C	492,00	76,00	252,00	0,04	-	6,04	39,40	0,51	3,68	4,10	4,87	0,20	6,47	2,00	150,00	2,10	241.960	
BIBAR	Puerto Boyacá	LAGUNAJE	27,4 °C	337,00	118,00	151,00	0,47	5,27	6,90	22,80	0,70	24,79	25,10	26,15	0,20	7,12	5,00	85,00	0,90	-	
BISUM	Fusagasugá	LODOS ACTIVADOS	19,3 °C	110,00	135,00	295,00	0,21	2,82	3,20	13,70	0,30	14,06	27,40	27,85	0,20	7,49	3,00	52,00	0,20	2.419.600	1.732.900
REGISTRO MINIMO			4,2 °C	4,00	11,00	32,00	0,02	0,12	1,10	2,00	0,30	1,82	4,10	4,87	0,20	6,30	0,20	10,00	0,20	90.800	31.800
PROMEDIO			23,6 °C	163,67	82,94	196,72	0,23	2,69	4,80	21,15	0,46	13,83	15,42	16,12	0,47	7,23	3,72	95,17	2,49	1.186.646	480.965
REGISTRO MAXIMO			29,4 °C	492,00	248,00	612,00	1,06	5,27	10,00	109,40	0,90	27,95	28,00	28,45	3,00	8,11	34,00	610,00	21,00	2.419.600	1.986.300
INTERVALO			4,2°C ↔ 29,4°C	4 ↔ 492	11 ↔ 248	32 ↔ 612	0,02 ↔ 1,06	0,12 ↔ 5,27	1,1 ↔ 10	2 ↔ 109,4	0,3 ↔ 0,9	1,82 ↔ 27,95	4,1 ↔ 28	4,865 ↔ 28,45	0,2 ↔ 3	6,3 ↔ 8,11	0,2 ↔ 34	10 ↔ 610	0,2 ↔ 21	90800 ↔ 2419600	31800 ↔ 1986300
DESVIACION ESTANDAR (σ)			5,84	129,80	57,35	154,06	0,23	1,49	2,31	25,74	0,20	7,47	7,59	7,62	0,69	0,51	8,24	136,11	4,97	989.688,40	677.915,87

**Cuadro 10. Caracterización de agua residual afluyente a las PTAR del Ejército Nacional
(Año 2015)**

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	TEMPERATURA MINIMA AFLUENTE PTAR	CARACTERIZACION AGUA RESIDUAL AFLUENTE PTAR						
				GRASAS Y ACEITES	DBO5 (mg O2/l)	SSED (ml/l)	SST (mg/l)	TENSOACTIVOS (mg/l)	pH	FENOLES TOTALES (mg Fenol/l)
BASGO	Tumaco	LODOS ACTIVADOS	24,9 °C	47,00	31,00	0,43	33,00	0,45	6,60	< 0,10
BAMRO	Calí	LODOS ACTIVADOS	21,9 °C	27,00	68,00	1,50	73,00	0,88	6,60	< 0,10
BIREY	Cimitarra	LAGUNAJE	25,1 °C	28,00	57,00	0,38	42,00	1,81	6,80	0,14
BIRIF	Caucasia	REACTOR ANAEROBIO	22,5 °C	19,00	179,00	1,68	135,00	5,68	7,20	0,23
BAGRA	Barrancabermeja	LODOS ACTIVADOS	25,9 °C	13,00	39,00	0,42	64,00	1,08	5,63	0,21
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	24,8 °C	14,00	81,00	0,75	49,00	2,41	7,15	< 0,10
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	27,8 °C	46,50	48,00	1,63	87,00	1,95	6,86	< 0,10
BITER2	Aracataca	LODOS ACTIVADOS	27,4 °C	< 10,00	48,00	0,76	144,00	2,00	6,50	< 0,10
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	27,4 °C	< 10,00	8,00	0,41	33,00	0,64	7,35	< 0,10
BRCNA	Larandi	REACTOR ANAEROBIO	28,0 °C	< 10,00	38,00	0,50	30,00	0,51	7,43	< 0,10
BRCNA	Larandi	LODOS ACTIVADOS	27,1 °C	< 10,00	6,00	0,90	76,00	0,58	6,70	< 0,10
BITER26	Leticia	LODOS ACTIVADOS	28,7 °C	< 10,00	140,00	0,80	223,00	< 0,40	7,50	< 0,10
GMSIL	Duitama	LAGUNAJE	15,2 °C	216,00	88,00	0,36	95,00	1,12	7,10	< 0,10
BASPC26	Leticia	LODOS ACTIVADOS	25,1 °C	13,00	11,00	0,21	28,00	0,77	6,90	0,12
BIAMA	Quibdó	BIODISCOS	27,9 °C	24,00	217,00	1,82	207,00	2,20	6,70	< 0,10
BISUM	Fusagasugá	LODOS ACTIVADOS	19,8 °C	< 10,00	60,00	1,29	45,00	0,45	7,60	< 0,10
BAMAR	Sumapaz	LODOS ACTIVADOS	7,6 °C	< 10,00	125,00	0,15	72,00	< 0,40	6,56	< 0,10
BASER7	Apiay	LODOS ACTIVADOS	26,0 °C	11,00	7,00	0,45	15,00	1,07	6,28	< 0,10
BAMHE	San Sebastián	LODOS ACTIVADOS	11,4 °C	12,00	60,00	3,24	34,00	< 0,40	7,78	< 0,10
BASPC28	Puerto Carreño	LODOS ACTIVADOS	30,4 °C	< 10,00	< 5,00	1,40	12,00	< 0,40	7,43	< 0,10
REGISTRO MINIMO			7,6 °C	10,00	5,00	0,15	12,00	0,40	5,63	0,10
PROMEDIO			23,7 °C	27,53	65,8	0,95	74,85	1,26	6,93	0,11
REGISTRO MAXIMO			30,4 °C	216,00	217,0	3,24	223,00	5,68	7,78	0,23
INTERVALO			7,6°C ↔ 30,4°C	10 ↔ 216	5 ↔ 217	0,15 ↔	12 ↔ 223	0,4 ↔ 5,68	5,63 ↔ 7,78	0,1 ↔ 0,227
DESVIACION ESTANDAR (σ)			5,99	45,84	58,92	0,76	59,84	1,24	0,52	0,04

Cuadro 11. Caracterización promedio de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional

PARAMETRO	VALORES MEDIOS			PROMEDIO	INTERVALO	DESVIACION ESTANDAR (σ)
	AÑO 2012	AÑO 2014	AÑO 2015			
DBO (mg/l)	370,57	82,94	65,80	173,11	65,8 ↔ 370,57	171,23
DQO (mg/l)	784,26	196,72	-	490,49	196,72 ↔ 784,26	415,45
SSED (ml/l)	2,24	3,72	0,95	2,31	0,95 ↔ 3,72	1,38
SST (mg/l)	306,70	95,17	74,85	158,90	74,85 ↔ 306,7	128,39
GRASAS Y ACEITES (mg/l)	19,91	21,15	27,53	22,86	19,91 ↔ 27,53	4,08
TENSOACTIVOS (mg/l)	7,30	2,49	1,26	3,68	1,26 ↔ 7,3	3,19
pH	5,96	7,23	6,93	6,71	5,96 ↔ 7,23	0,66
FENOLES TOTALES (mg/l)	0,23	0,23	0,11	0,19	0,11 ↔ 0,23	0,07
FOSFORO TOTAL (mg/l)	-	4,80	-	4,80	4,8 ↔ 4,8	-
NITROGENO TOTAL (mg/l)	-	16,12	-	16,12	16,12 ↔ 16,12	-
CAUDAL (L/hab.día)	201,44	890,72	150,99	414,38	150,99 ↔ 890,72	413,29

5. DETERMINACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES

Empleando los caudales medios, mínimos y máximos registrados en las jornadas de muestreo llevadas a cabo en las unidades militares (Cuadro 1, Cuadro 2 y Cuadro 3), y las concentraciones de los contaminantes presentes en estas aguas (Cuadro 8, Cuadro 9 y Cuadro 10), se calculan las cargas contaminantes afluentes a las PTAR.

$$CC \text{ [kg/día]} = Q \text{ [L/s]} * C \text{ [mg/l]} * 0.0864$$

Dónde:

CC: Carga contaminante del parámetro.

Q: Caudal de agua residual.

C: Concentración del parámetro presente en el agua residual.

Las cargas contaminantes obtenidas se presentan en los Cuadro 12, Cuadro 13 y Cuadro 14. Las cargas per cápita o cargas equivalentes que entran a las PTAR del Ejército Nacional se plasman en los Cuadro 15, Cuadro 16 y Cuadro 17. Comparando estas cargas con los valores típicos consignados en la literatura (Cuadro 18), se observa que las cargas per cápita calculadas son muy inferiores a los valores típicos de la bibliografía; esta situación se repite en los años 2012, 2014 y 2015, exceptuando las cargas per cápita de grasas y aceites del año 2015.

Cuadro 12. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2012)

CARGA CONTAMINANTE AFLUENTE PTAR																				
CC [kg/día] = Q [L/s] * C [mg/l] * 0.0864 ó CC [L/día] = Q [L/s] * C [ml/l] * 86.4																				
UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	DQO (kg / día)			DBO5 (kg / día)			SST (kg / día)			SSED (L / día)			GRASAS Y ACEITES (kg / día)			TENSOACTIVOS (kg / día)		
			CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA
BILUD	San Vicente de Chucurí	LAGUNAJE	92,19	108,03	130,74	34,40	40,32	48,79	40,30	47,22	57,15	380,16	445,48	539,14	2,28	2,67	3,23	0,40	0,47	0,57
BAMRU	Santa Marta	LODOS ACTIVADOS	140,39	185,36	253,04	59,21	78,17	106,72	69,70	92,04	125,64	699,84	924,05	1.261,44	3,22	4,25	5,80	0,69	0,91	1,24
BAGAL	Socorro	LODOS ACTIVADOS	195,06	226,72	270,63	73,93	85,93	102,57	64,03	74,42	88,84	1.650,24	1.918,08	2.289,60	4,79	5,56	6,64	1,25	1,46	1,74
GMJC	Río Negro	LODOS ACTIVADOS		156,90			87,47			52,56			254,97		3,33				1,39	
BICAM	Calamar	LAGUNAJE	78,30	98,09	109,62	46,98	58,86	65,77	40,82	51,14	57,15	324,00	405,91	453,60	1,19	1,49	1,66	0,57	0,72	0,80
BIGOH	Uribe	LODOS ACTIVADOS	133,12	154,62	172,81	62,32	72,38	80,90	35,33	41,04	45,87	69,55	80,78	90,29	2,09	2,42	2,71	1,29	1,50	1,68
BAGRA	Barrancabermeja	LODOS ACTIVADOS	70,73	129,02	187,30	30,51	55,66	80,80	13,81	25,19	36,57	93,31	170,21	247,10	0,93	1,70	2,47	0,88	1,60	2,32
BIROR	Villagarzón	LAGUNAJE	107,69	145,50	183,31	54,09	73,08	92,07	47,51	64,19	80,87	365,47	493,78	622,08	4,02	5,43	6,84	1,04	1,40	1,76
BASPC6	Ibagué	LODOS ACTIVADOS	94,86	116,90	138,94	42,34	52,18	62,01	32,33	39,84	47,36	8,55	10,54	12,53	2,05	2,53	3,01	0,37	0,45	0,54
BIVER	Malambo	LODOS ACTIVADOS	220,84	287,71	373,25					38,28	49,87	64,70	12,27	15,98	20,74	1,72	2,24	2,90	0,93	1,21
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	77,17	101,98	126,78	46,81	61,86	76,90	45,00	59,46	73,92	181,44	239,76	298,08	1,21	1,60	1,99	0,75	0,99	1,23
BITER5	Aguachica	LAGUNAJE	90,31	113,03	137,72	60,96	76,31	92,97	29,86	37,37	45,54	103,68	129,77	158,11	1,87	2,34	2,85	0,95	1,19	1,45
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	0,03	0,50	0,97	0,02	0,31	0,61	0,01	0,25	0,49	0,17	3,02	5,88	0,001	0,015	0,029	0,00	0,01	0,03
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	21,23	30,41	42,71	14,63	20,96	29,43	8,61	12,33	17,31	136,25	195,19	274,15	1,51	2,16	3,03	0,25	0,36	0,51
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	39,97	48,53	57,09	33,61	40,82	48,02	46,23	56,14	66,04	8,47	10,28	12,10	3,39	4,11	4,84	0,23	0,28	0,33
BASPC17	Carepa	LODOS ACTIVADOS	11,58	14,86	21,60	4,63	5,94	8,64	2,55	3,27	4,75	5,79	7,43	10,80	1,39	1,78	2,59	0,28	0,36	0,52
BIVEL	San Pedro de Urabá	LAGUNAJE	47,26	81,13	105,03	22,11	37,96	49,14	31,40	53,90	69,78	279,94	480,56	622,08	0,70	1,20	1,56	0,15	0,26	0,33
BIRNO	Tauramena	LAGUNAJE	14,62	20,14	27,61	6,38	8,79	12,04	4,51	6,21	8,52	19,44	26,78	36,72	0,39	0,54	0,73	0,66	0,91	1,25
BICAB	Cantimplora	LODOS ACTIVADOS	59,35	74,84	86,09	30,23	38,13	43,86	21,42	27,01	31,07	69,98	88,26	101,52	1,40	1,77	2,03	2,38	3,00	3,45
BIBAR	Puerto Boyacá	LAGUNAJE	81,86	122,47	154,56	39,96	59,78	75,44	30,46	45,56	57,50	540,00	807,84	1.019,52	4,00	5,98	7,54	0,54	0,81	1,02
PROMEDIO			82,98	110,84	135,78	36,84	50,26	59,82	31,69	41,95	51,53	260,45	335,43	425,02	2,01	2,66	3,29	0,72	0,96	1,18

Cuadro 13. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2014)

		CARGA CONTAMINANTE PER CAPITA																	
UNIDAD MILITAR	POBLACION	DQO (g / c . día)			DBO5 (g / c . día)			SST (g / c . día)			GRASAS Y ACEITES (g / c . día)			FOSFORO TOTAL (g / c . día)			NITROGENO TOTAL (g / c . día)		
		CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA
BILUD	500	18,14	39,48	111,11	11,43	24,88	70,00	7,26	15,79	44,44	2,10	4,58	12,89	0,54	1,18	3,33	1,48	3,22	9,06
GBMAT	500																		
BIMUR	500	21,68	40,50	92,96	3,90	7,28	16,71	3,01	5,63	12,91	0,39	0,73	1,67	0,16	0,29	0,67	0,75	1,41	3,22
BIVER	3000	18,09	21,93	26,04	6,57	7,96	9,45	11,69	14,17	16,82	0,58	0,70	0,83	1,15	1,40	1,66	2,72	3,30	3,92
BITER2	3000		13,40	55,05		6,10	25,05		2,73	11,21		0,54	2,21		0,47	1,91		0,44	1,80
BIPIN	500	130,07	215,50	308,57	66,33	109,90	157,37	52,03	86,20	123,43	10,41	17,24	24,69	2,60	4,31	6,17	12,55	20,80	29,78
BIMEJ	500	4,35	11,23	21,43	2,40	6,17	11,78	4,57	11,79	22,50	0,66	1,71	3,27	0,12	0,31	0,59	0,80	2,06	3,94
BASPC28	1000	73,02	86,42	106,13	28,67	33,94	41,67	65,76	77,83	95,57	18,35	21,72	26,67	1,72	2,04	2,50	8,56	10,14	12,45
BAGAL	500	1,37	3,54	7,17	0,43	1,11	2,25	0,39	1,01	2,05	0,08	0,20	0,41	0,08	0,21	0,43	0,46	1,20	2,43
BAMGU	500	7,12	12,53	21,35	4,11	7,24	12,34	10,12	17,81	30,36	1,81	3,19	5,44	0,17	0,29	0,50	0,25	0,44	0,75
BIAMA	500	4,93	110,44	178,50	2,59	58,01	93,76	2,02	45,37	73,32	0,36	8,18	13,22	0,08	1,75	2,82	0,20	4,54	7,33
BIMAG	1000	18,49	46,05	72,14	15,72	39,14	61,32	10,17	25,33	39,68	1,05	2,62	4,11	1,37	3,41	5,34	5,26	13,10	20,52
BASPC29	2000	2,00	10,49	17,63	0,55	2,90	4,87	0,34	1,79	3,01	0,12	0,63	1,06	0,04	0,20	0,33	0,19	0,99	1,66
BASPC22	2000	1,24	16,80	60,15	0,37	4,96	17,78	0,25	3,34	11,96	0,06	0,88	3,14	0,02	0,20	0,73	0,08	1,13	4,06
BASPC26	3000		4,25	25,33		2,01	12,00		1,43	8,53		0,21	1,25		0,31	1,87		0,66	3,95
BICAM	500	7,10	81,95	303,99	2,14	24,72	91,68	4,22	48,78	180,95	1,11	12,81	47,53	0,17	1,96	7,29	0,14	1,58	5,87
BIBAR	500	152,75	188,23	239,01	119,37	147,10	186,78	85,98	105,96	134,54	23,06	28,42	36,09	6,98	8,60	10,92	26,45	32,60	41,39
BISUM	500	25,54	50,93	85,38	11,69	23,30	39,07	4,50	8,98	15,05	1,19	2,36	3,97	0,28	0,55	0,93	2,41	4,81	8,06
PROMEDIO		32,39	56,10	101,88	18,42	29,81	50,23	17,49	27,88	48,61	4,09	6,28	11,08	1,03	1,62	2,82	4,15	6,02	9,42

Cuadro 14. Cargas contaminantes afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2015)

UNIDAD MILITAR	UBICACIÓN DE LA UNIDAD	TIPO DE PTAR	CARGA CONTAMINANTE AFLUENTE PTAR								
			DBO5 (kg / día)			SST (kg / día)			GRASAS Y ACEITES (kg / día)		
			CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA
BASGO	Tumaco	LODOS ACTIVADOS	0,79	5,74	10,34	0,84	6,11	11,01	1,20	8,70	15,68
BASPC12	Florencia	LODOS ACTIVADOS	3,37	9,27	13,46	2,04	5,61	8,14	0,58	1,60	2,33
BITER2	Aracataca	LODOS ACTIVADOS		4,61	11,99		13,82	35,96		0,96	2,50
BIJUL	Las Ánimas	LODOS ACTIVADOS	2,54	3,48	4,45	10,50	14,34	18,35	3,18	4,35	5,56
BASPC26	Leticia	LODOS ACTIVADOS		0,42	0,86		1,08	2,19		0,50	1,02
BIAMA	Quibdó	BIODISCOS	11,29	19,05	27,58	10,77	18,17	26,31	1,25	2,11	3,05
BITER30	Salazar Palmas	LODOS ACTIVADOS	0,18	1,46	3,81	0,25	2,00	5,22	0,07	0,54	1,41
BISUM	Fusagasugá	LODOS ACTIVADOS	3,77	5,25	6,30	2,83	3,94	4,72	0,63	0,88	1,05
BAMAR	Sumapaz	LODOS ACTIVADOS	1,97	3,37	4,34	1,13	1,94	2,50	0,16	0,27	0,35
BASER7	Apiay	LODOS ACTIVADOS	1,21	2,65	4,11	2,59	5,67	8,81	1,90	4,16	6,46
BASPC29	Popayán	LAGUNAJE	312,58	618,61	922,00	211,92	419,40	625,09	49,45	97,86	145,85
BAMHE	San Sebastián	LODOS ACTIVADOS	0,15	0,25	0,34	0,09	0,14	0,19	0,03	0,05	0,07
PROMEDIO			33,79	56,18	84,13	24,30	41,02	62,37	5,84	10,16	15,44

Cuadro 15. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2012)

CARGA CONTAMINANTE PER CAPITA																			
UNIDAD MILITAR	POBLACION	DQO (g / c . día)			DBO5 (g / c . día)			SST (g / c . día)			SSED (L / c . día)			GRASAS Y ACEITES (g / c . día)			TENSOACTIVOS (g / c . día)		
		CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A	CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A	CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A	CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A	CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A	CC_MINIM A	CC_MEDIA	CC_MAXIM A
BILUD	500	184,38	216,06	261,48	68,81	80,63	97,58	80,59	94,44	114,30	0,76	0,89	1,08	4,56	5,35	6,47	0,80	0,94	1,13
BAMRU	400	350,97	463,41	632,61	148,02	195,44	266,79	174,26	230,09	314,10	1,75	2,31	3,15	8,05	10,63	14,51	1,71	2,26	3,09
BAGAL	500	390,12	453,43	541,26	147,86	171,86	205,15	128,06	148,84	177,67	3,30	3,84	4,58	9,57	11,12	13,28	2,51	2,92	3,48
GMJC	1000		156,90				87,47			52,56					3,33			1,39	
BICAM	1000	78,30	98,09	109,62	46,98	58,86	65,77	40,82	51,14	57,15	0,32	0,41	0,45	1,19	1,49	1,66	0,57	0,72	0,80
BIGOH	500	266,25	309,24	345,62	124,64	144,76	161,80	70,66	82,08	91,73	0,14	0,16	0,18	4,17	4,85	5,42	2,59	3,01	3,36
BAGRA	1000	70,73	129,02	187,30	30,51	55,66	80,80	13,81	25,19	36,57	0,09	0,17	0,25	0,93	1,70	2,47	0,88	1,60	2,32
BIROR	500	215,38	291,00	366,61	108,18	146,16	184,14	95,02	128,38	161,74	0,73	0,99	1,24	8,04	10,86	13,69	2,07	2,80	3,53
BASPC6	2000	47,43	58,45	69,47	21,17	26,09	31,01	16,17	19,92	23,68	0,00	0,01	0,01	1,03	1,26	1,50	0,18	0,23	0,27
BIVER	3000	73,61	95,90	124,42				12,76	16,62	21,57	0,00	0,01	0,01	0,57	0,75	0,97	0,31	0,40	0,53
BASPC12	2000	38,59	50,99	63,39	23,41	30,93	38,45	22,50	29,73	36,96	0,09	0,12	0,15	0,60	0,80	0,99	0,37	0,50	0,62
BITER5	3000	30,10	37,68	45,91	20,32	25,44	30,99	9,95	12,46	15,18	0,03	0,04	0,05	0,62	0,78	0,95	0,32	0,40	0,48
BIJUL	500	0,06	0,99	1,93	0,04	0,63	1,22	0,03	0,50	0,98	0,00	0,01	0,01		0,03	0,06		0,03	0,05
BIJUL	500	42,45	60,82	85,42	29,26	41,91	58,87	17,21	24,66	34,63	0,27	0,39	0,55	3,01	4,31	6,06	0,50	0,72	1,01
BASPC17	1000	39,97	48,53	57,09	33,61	40,82	48,02	46,23	56,14	66,04	0,01	0,01	0,01	3,39	4,11	4,84	0,23	0,28	0,33
BASPC17	1000	11,58	14,86	21,60	4,63	5,94	8,64	2,55	3,27	4,75	0,01	0,01	0,01	1,39	1,78	2,59	0,28	0,36	0,52
BIVEL	500	94,53	162,27	210,06	44,23	75,93	98,29	62,80	107,80	139,55	0,56	0,96	1,24	1,40	2,40	3,11	0,30	0,51	0,66
BIRNO	500	29,24	40,28	55,23	12,75	17,57	24,09	9,02	12,43	17,04	0,04	0,05	0,07	0,78	1,07	1,47	1,32	1,82	2,50
BICAB	1000	59,35	74,84	86,09	30,23	38,13	43,86	21,42	27,01	31,07	0,07	0,09	0,10	1,40	1,77	2,03	2,38	3,00	3,45
BIBAR	500	163,73	244,94	309,12	79,92	119,56	150,89	60,91	91,12	115,00	1,08	1,62	2,04	7,99	11,96	15,09	1,08	1,62	2,04
PROMEDIO		115,09	130,77	188,12	54,14	64,94	88,69	46,57	52,80	76,83	0,49	0,54	0,80	3,26	3,49	5,11	1,02	1,11	1,59

Cuadro 16. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2014)

UNIDAD MILITAR	POBLACION	CARGA CONTAMINANTE PER CAPITA																								
		DQO (g / c . día)			DBO5 (g / c . día)			SST (g / c . día)			SSED (L / c . día)			GRASAS Y ACEITES (g / c . día)			TENSOACTIVOS (g / c . día)			FOSFORO TOTAL (g / c . día)			NITROGENO TOTAL (g / c . día)			
		CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA	CC_ME DIA	CC_MA XIMA	CC_MIN IMA
BILUD	500	18.14	39.48	111.11	11.43	24.88	70.00	7.26	15.79	44.44	1.03	2.25	6.32	2.10	4.58	12.89				0.54	1.18	3.33	1.48	3.22	9.06	
GBMAT	500																									
BIMUR	500	21.68	40.50	92.96	3.90	7.28	16.71	3.01	5.63	12.91	0.04	0.07	0.15	0.39	0.73	1.67	0.21	0.38	0.88	0.16	0.29	0.67	0.75	1.41	3.22	
BIVER	3000	18.09	21.93	26.04	6.57	7.96	9.45	11.69	14.17	16.82	0.13	0.16	0.18	0.58	0.70	0.83	0.03	0.04	0.05	1.15	1.40	1.66	2.72	3.30	3.92	
BITER2	3000		13.40	55.05		6.10	25.05		2.73	11.21		0.04	0.16		0.54	2.21		0.03	0.13		0.47	1.91		0.44	1.80	
BIPIN	500	130.07	215.50	308.57	66.33	109.90	157.37	52.03	86.20	123.43	0.65	1.08	1.54	10.41	17.24	24.69	0.26	0.43	0.62	2.60	4.31	6.17	12.55	20.80	29.78	
BIMEJ	500	4.35	11.23	21.43	2.40	6.17	11.78	4.57	11.79	22.50	0.09	0.22	0.43	0.66	1.71	3.27	0.05	0.14	0.27	0.12	0.31	0.59	0.80	2.06	3.94	
BASPC28	1000	73.02	86.42	106.13	28.67	33.94	41.67	65.76	77.83	95.57	0.96	1.13	1.39	18.35	21.72	26.67	0.50	0.59	0.72	1.72	2.04	2.50	8.56	10.14	12.45	
BAGAL	500	1.37	3.54	7.17	0.43	1.11	2.25	0.39	1.01	2.05	0.01	0.03	0.06	0.08	0.20	0.41	0.02	0.04	0.08	0.08	0.21	0.43	0.46	1.20	2.43	
BAMGU	500	7.12	12.53	21.35	4.11	7.24	12.34	10.12	17.81	30.36	0.56	0.99	1.69	1.81	3.19	5.44	0.01	0.02	0.03	0.17	0.29	0.50	0.25	0.44	0.75	
BIAMA	500	4.93	110.44	178.50	2.59	58.01	93.76	2.02	45.37	73.32	0.00	0.00	0.00	0.36	8.18	13.22	0.04	0.86	1.38	0.08	1.75	2.82	0.20	4.54	7.33	
BIMAG	1000	18.49	46.05	72.14	15.72	39.14	61.32	10.17	25.33	39.68	0.00	0.00	0.00	1.05	2.62	4.11	3.88	9.67	15.15	1.37	3.41	5.34	5.26	13.10	20.52	
BASPC29	2000	2.00	10.49	17.63	0.55	2.90	4.87	0.34	1.79	3.01	0.01	0.05	0.08	0.12	0.63	1.06	0.02	0.08	0.13	0.04	0.20	0.33	0.19	0.99	1.66	
BASPC22	2000	1.24	16.80	60.15	0.37	4.96	17.78	0.25	3.34	11.96	0.01	0.09	0.33	0.06	0.88	3.14	0.01	0.14	0.52	0.02	0.73	0.08	1.13	4.06		
BASPC26	3000		4.25	25.33		2.01	12.00		1.43	8.53		0.02	0.11		0.21	1.25		0.03	0.19		0.31	1.87		0.66	3.95	
BICAM	500	7.10	81.95	303.99	2.14	24.72	91.68	4.22	48.78	180.95	0.06	0.65	2.41	1.11	12.81	47.53	0.06	0.68	2.53	0.17	1.96	7.29	0.14	1.58	5.87	
BIBAR	500	152.75	188.23	239.01	119.37	147.10	186.78	85.98	105.96	134.54	5.06	6.23	7.91	23.06	28.42	36.09	0.91	1.12	1.42	6.98	8.60	10.92	26.45	32.60	41.39	
BISUM	500	25.54	50.93	85.38	11.69	23.30	39.07	4.50	8.98	15.05	0.26	0.52	0.87	1.19	2.36	3.97	0.02	0.03	0.06	0.28	0.55	0.93	2.41	4.81	8.06	
PROMEDIO		32.39	56.10	101.88	18.42	29.81	50.23	17.49	27.88	48.61	0.59	0.80	1.39	4.09	6.28	11.08	0.43	0.89	1.51	1.03	1.62	2.82	4.15	6.02	9.42	

Cuadro 17. Cargas contaminantes per cápita afluentes a las PTAR del Ejército Nacional (año 2015)

UNIDAD MILITAR	POBLACION	CARGA CONTAMINANTE PER CAPITA								
		DBO5 (g / c . día)			SST (g / c . día)			GRASAS Y ACEITES (g / c . día)		
		CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA	CC_MINIMA	CC_MEDIA	CC_MAXIMA
BASGO	500	1,58	11,48	20,68	1,68	12,22	22,02	2,40	17,40	31,36
BASPC12	2000	1,69	4,63	6,73	1,02	2,80	4,07	0,29	0,80	1,16
BITER2	3000		1,54	4,00		4,61	11,99		0,32	0,83
BIJUL	500	5,09	6,95	8,90	20,99	28,69	36,70	6,36	8,69	11,12
BASPC26	3000		0,14	0,29		0,36	0,73		0,17	0,34
BIAMA	500	22,57	38,10	55,16	21,53	36,34	52,62	2,50	4,21	6,10
BITER30	3000	0,06	0,49	1,27	0,08	0,67	1,74	0,02	0,18	0,47
BISUM	500	7,54	10,50	12,60	5,65	7,88	9,45	1,26	1,75	2,10
BAMAR	500	3,93	6,74	8,68	2,26	3,88	5,00	0,31	0,54	0,69
BASER7	1000	1,21	2,65	4,11	2,59	5,67	8,81	1,90	4,16	6,46
BASPC29	2000	156,29	309,30	461,00	105,96	209,70	312,54	24,72	48,93	72,93
BAMHE	500	0,30	0,50	0,67	0,17	0,28	0,38	0,06	0,10	0,13
PROMEDIO		20,03	32,75	48,67	16,20	26,09	38,84	3,98	7,27	11,14

Cuadro 18. Cargas contaminantes per cápita

PARAMETRO	CARGA TIPICA PER CAPITA			
	(Tchobanoglous, et.al., 2014)	(von Sperling, 2007)	(Romero, 2005)	PROMEDIO
DBO	76 g/c.d	50 g/c.d	45 g/c.d	57 g/c.d
DQO	193 g/c.d	100 g/c.d	91 g/c.d	128 g/c.d
SST	74 g/c.d	60 g/c.d	51 g/c.d	62 g/c.d
NITROGENO TOTAL	13,2 g/c.d	8 g/c.d	4,8 g/c.d	8,67 g/c.d
FOSFORO (PO4)	1,2 g/c.d	0,7 g/c.d	1,4 g/c.d	1,10 g/c.d
FOSFORO TOTAL	2,1 g/c.d	1 g/c.d	-	1,55 g/c.d
GRASAS, ACEITES	29 g/c.d	-	-	29,0 g/c.d

A partir de las cargas contaminantes afluentes a las PTAR y de la población servida en las unidades militares, se calcularon las cargas contaminantes per cápita promedio para los años 2012, 2014 y 2015 (ver Cuadro 19).

Cuadro 19. Cargas contaminantes per cápita promedio de aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejercito Nacional

PARAMETRO	CARGA CONTAMINANTE MEDIA			PROMEDIO	INTERVALO	DESVIACION ESTANDAR (σ)
	AÑO 2012	AÑO 2014	AÑO 2015			
DBO5 (g / c . día)	65	30	7	33,90	6,94 ↔ 64,94	29,22
DQO (g / c . día)	131	56		93,43	56,1 ↔ 130,77	52,80
SST (g / c . día)	52,8	27,9	8,6	29,75	8,56 ↔ 52,8	22,18
GRASAS Y ACEITES (g / c . día)	3,49	6,28	3,18	4,32	3,18 ↔ 6,28	1,71
TENSOACTIVOS (g / c . día)	1,11	0,89	0,15	0,72	0,15 ↔ 1,11	0,50
FOSFORO TOTAL (g / c . día)		1,62		1,62	1,62 ↔ 1,62	-
NITROGENO TOTAL (g / c . día)		6,02		6,02	6.02 ↔ 6.02	-

6. REQUISITOS DE TRATAMIENTO

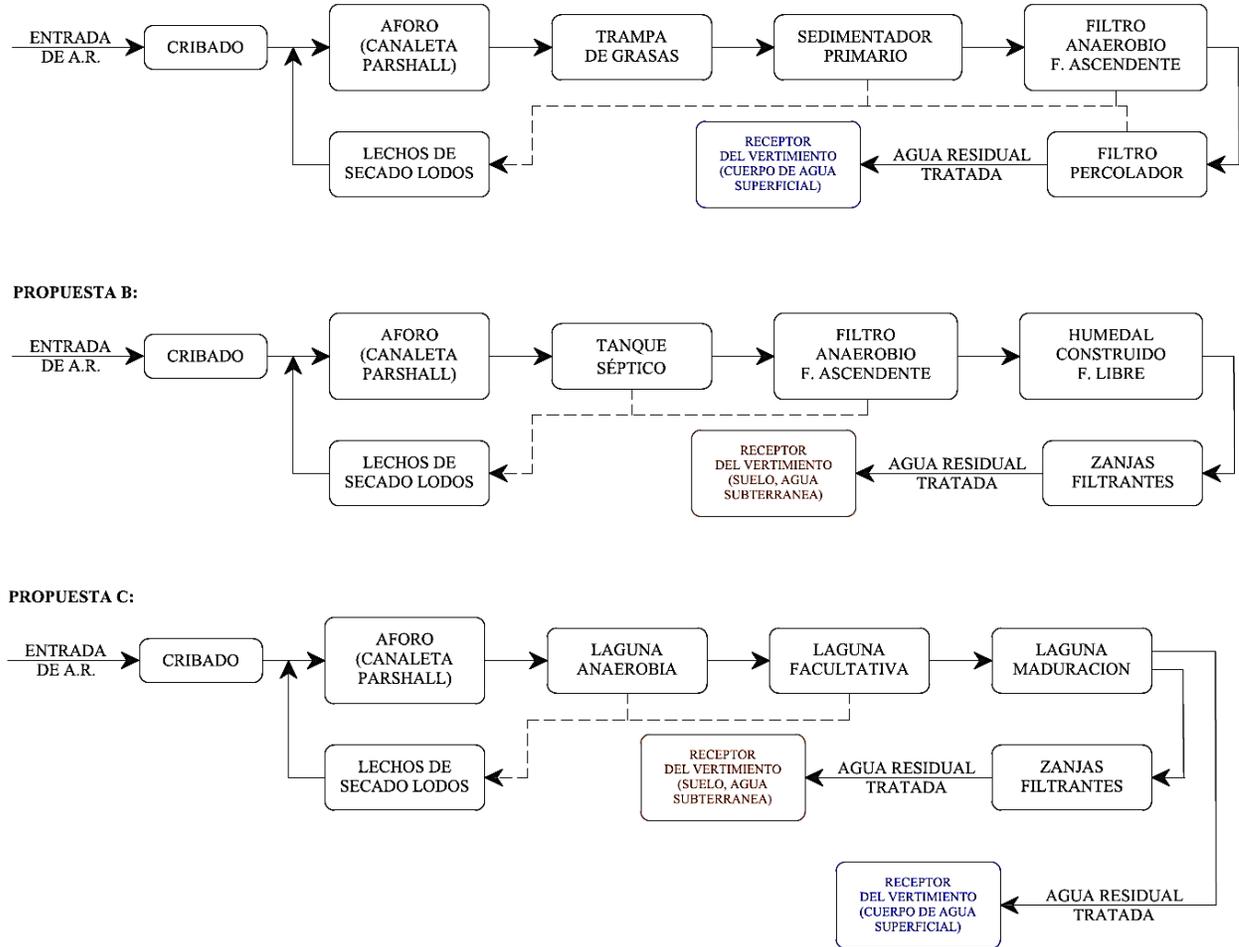
En el Cuadro 20 se presentan comparativamente las concentraciones afluentes promedio calculadas frente a los valores máximos permisibles establecidos en la Resolución MADS 631 de 2015 (norma de vertimientos vigente en Colombia), para el caso de aguas residuales de origen doméstico. Los valores máximos permisibles contenidos en la normatividad representan los valores objetivo hacia los cuales debe orientarse la concepción y diseño de las tecnologías de tratamiento que se pretende emplear.

Cuadro 20. Requisitos de tratamiento de las aguas residuales generadas en el Ejército Nacional

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR PROMEDIO AFLUENTE A LA PTAR (ver 0)	VALOR MÁXIMO PERMISIBLE Res. MADS 631/2015 *	Eficiencia %
pH	-	6,71	6,0 a 9,0	-
DQO	mg/l	490	180	63
DBO	mg/l	173	90	48
SST	mg/l	159	90	43
Grasas y Aceites	mg/l	22,9	5	78
Tensoactivos (SAAM)	mg/l	3,68	Análisis y Reporte	-
Fósforo Total	mg/l	4,80	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Total	mg/l	16,12	Análisis y Reporte	-
* Valores máximos establecidos para agua residual de origen doméstico con una carga ≤ 650 DBO ₅ kg/día. Para el caso de las aguas residuales del Ejército Nacional caracterizadas, la carga de DBO ₅ se encuentra en el intervalo de 11.13 a 84.13 kg/día (Cuadro 12, Cuadro 13 y Cuadro 14).				-

Como se observa en el Cuadro 20 el tratamiento requerido se puede satisfacer con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales convencional de tratamiento secundario (Figura 1).

Figura 1. Sistemas de tratamiento propuestos para el tratamiento de aguas residuales en unidades militares



CONCLUSIONES

1. El caudal per cápita o aporte per cápita promedio de aguas residuales crudas en las unidades del Ejército Nacional se presenta en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Caudal per cápita de aguas residuales en el Ejército Nacional

AÑO	CAUDAL PER CAPITA PROMEDIO DE AGUA RESIDUAL (L / hab . día)		
	q MIN promedio	q MED promedio	q MAX promedio
PROMEDIO	251	414	465

2. La caracterización promedio de aguas residuales crudas (i.e.: aguas residuales no tratadas) y las cargas per cápita de contaminación en las aguas residuales afluentes a las PTAR del Ejército Nacional, se indican en los Cuadro 22 y Cuadro 23 respectivamente.

Cuadro 22. Caracterización promedio de aguas residuales crudas en el Ejército Nacional

PARAMETRO	PROMEDIO
DBO (mg/l)	173
DQO (mg/l)	490
SST (mg/l)	159
GRASAS Y ACEITES (mg /l)	22,9
TENSOACTIVOS (mg/l)	3,7
pH	6,7
FENOLES TOTALES (mg/l)	0,2
FOSFORO TOTAL (mg/l)	4,8
NITROGENO TOTAL (mg/l)	16,1
CAUDAL (L/hab.día)	414,4

Cuadro 23. Cargas de contaminación per cápita de aguas residuales crudas en el Ejército Nacional

PARAMETRO	PROMEDIO
DBO ₅ (g / c . día)	34
DQO (g / c . día)	93
SST (g / c . día)	30
GRASAS Y ACEITES (g / c . día)	4,3
TENSOACTIVOS (g / c . día)	0,7
FOSFORO TOTAL (g / c . día)	1,6
NITROGENO TOTAL (g / c . día)	6,0

La dispersión estadística de los caudales y de las concentraciones de las aguas residuales, demuestran la conveniencia de dotar de alcantarillado sanitario y pluvial de forma separada, las unidades militares del Ejército Nacional.

3. Los requisitos de tratamiento de las aguas residuales que se generan en las unidades militares del Ejército Nacional, se pueden satisfacer mediante Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales con tratamiento secundario convencional.

BIBLIOGRAFÍA

- Arthur, J. P. (1983). Notes on the Design and Operation of Waste Stabilization Ponds in Warm Climates of Developing Countries. Washington: World Bank.
- ASCE, & WEF. (2010). Design of Municipal Wastewater Treatment Plants (5th ed., Vols. 1–3). Reston: McGraw-Hill Professional.
- Brown, L., & Mac Berthouex, P. (2002). Statistics for Environmental Engineers (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Collado, R. (1992). Depuración de Aguas Residuales en Pequeñas Comunidades. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos - Paraninfo S.A.
- Crites, R., Reed, S. C., & Bastian, R. (2000). Land Treatment System for Municipal and Industrial Wastes. New York.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (1998). Small and Decentralized Wastewater Management Systems. New York: WCB/McGraw-Hill.
- Davis, M. (2010). Water and Wastewater Engineering. Design Principles and Practice. New York: McGraw-Hill Professional.
- Gloyna, E. F. (1971). Waste Stabilization Ponds. Geneva: World Health Organization.
- Grady, C. P. L., Daigger, G., & Lim, H. (1999). Biological Wastewater Treatment (2nd ed.). New York: Marcel Dekker Inc.
- Kadlec, R., Axler, R., McCarthy, B., & Henneck, J. (2003). Subsurface Treatment Wetlands in the Cold Climate of Minnesota. In Ü. Mander & P. D. Jenssen (Eds.), Constructed Wetlands for Wastewater Treatment in Cold Climates (Vol. 11). Southampton: WIT.
- Kadlec, R., & Wallace, S. (2009). Treatment Wetlands (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Kalbermatten, J., Julius, D., Gunnerson, C., & Mara, D. (1982). Appropriate Sanitation Alternatives: A Planning and Design Manual. Washington: World Bank.
- Mara, D. (1996). Low-Cost Urban Sanitation (1st ed.). Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Mara, D. (1997). Design Manual for Waste Stabilization Ponds in India. Leeds: Lagoon Technology International Ltd.
- Massoud, M. A., Tarhini, A., & Nasr, J. A. (2009). Decentralized Approaches to Wastewater Treatment and Management: Applicability in Developing Countries. Journal of

- MAVDT. (2006). *Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas Municipales - Guía de Optimización*. Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MAVDT. *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS - Título J - Alternativas Tecnológicas en Agua y Saneamiento para el Sector Rural, Resolución 1096 de 2000 (y las normas que le adicionen, modifiquen o complementen) § (2010)*.
- Morató, J., Subirana, A., Gris, A., Carneiro, A., & Pastor, R. (2006). *Tecnologías Sostenibles para la Potabilización y el Tratamiento de Aguas Residuales*. *Revista Lasallista de Investigación*, 3(1), 19–29.
- Moreno, D. (2014). *Construcción de un Modelo Conceptual Multicriterio Orientado a la Selección de Tecnologías de Tratamiento de Agua Residual para el Control de la Contaminación Hídrica en Cuencas Hidrográficas Tropicales de Alta Montaña (Master Thesis)*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Muttamara, S. (1996). *Wastewater Characteristics, Resources, Conservation and Recycling*, 16(1–4), 145–159. [https://doi.org/10.1016/0921-3449\(95\)00052-6](https://doi.org/10.1016/0921-3449(95)00052-6)
- Ortega, E., Ferrer, Y., Salas, J. J., Aragón, C., & Real, Á. (2010). *Manual para la Implantación de Sistemas de Depuración en Pequeñas Poblaciones*. (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Ed.). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Peña, M., & Mara, D. (2004). *Waste Stabilisation Ponds*. Delft: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Romero, J. (2005a). *Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales (1st ed.)*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero, J. (2005b). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y Principios de Diseño (3rd ed.)*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Sasse, L. (1998). *Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*. Delhi: Bremen Overseas Research and Development Association (Borda).
- Sincero, A., & Sincero, G. (2003). *Physical-chemical Treatment of Water and Wastewater*. Boca Raton: CRC Press & IWA Publishing.

- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Ulsido, M. D. (2013). *Water Supply and Urban Drainage Engineering*. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing.
- U.S. EPA. (2011). *Principles of Design and Operations of Wastewater Treatment Pond Systems for Plant Operators, Engineers, and Managers*. EPA/600/R-11/088. Cincinnati: U.S. Government Printing Office.
- Vilà, I. S., Campalans, E. R., Bartolí, L. B., Josa, S. O., & Pérez-Foguet, A. (2005). *Abastecimiento de Agua y Saneamiento - Tecnología para el Desarrollo Humano y Acceso a los Servicios Básicos*. Barcelona: Ingeniería sin Fronteras - Universitat Oberta de Catalunya - Agència Catalana de Cooperació al Desenvolupament.
- von Sperling, M. (1996). Comparison Among the Most Frequently Used Systems for Wastewater Treatment in Developing Countries. *Water Science and Technology*, 33(3), 59–72. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00301-0](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00301-0)
- von Sperling, M. (2007a). *Waste Stabilisation Ponds* (Vol. 3). London: IWA Publishing.
- von Sperling, M. (2007b). *Wastewater Characteristics, Treatment and Disposal*. London: IWA Publishing.
- Wallace, S., Knight, R., Nivala, J., & Parkin, G. (2006). *Small-Scale Constructed Wetland Treatment Systems: Feasibility, Design Criteria and O&M Requirements*. Alexandria: WERF.

Anexo 1. Autorización uso resultados análisis de laboratorio aguas residuales afluentes PTAR Ejército Nacional



MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL
COMANDO GENERAL FUERZAS MILITARES
EJÉRCITO NACIONAL
COMANDO DE INGENIEROS



Al contestar, cite este número

Radicado No. **20164411018350**: MDN-CGFM-COEJC-SECEJ-JEMGF-COING-C10 -86.30

Bogotá, D.C., 06-10-2016

Teniente Coronel
JUAN DIEGO MATEUS SILVA
Oficial de Gestión Ambiental C10 – COING
Bogotá D.C.

Asunto: Solicitud autorización uso resultados laboratorio PTARs Ejército Nacional.

Respetuosamente me permito solicitar al señor Teniente Coronel Oficial de Gestión Ambiental del C10 – Comando de Ingenieros, la autorización para emplear con fines académicos, los resultados de los análisis de laboratorio disponibles a la fecha, efectuados a las aguas servidas que ingresan a las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) existente en la Fuerza.

Como es de su conocimiento, actualmente me encuentro cursando el Postgrado en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente en la Escuela Colombiana de Ingeniería, y como proyecto de grado, pretendo desarrollar un trabajo aplicado afín a las funciones de diseñador Hidráulico que ejerzo desde hace 4 años en esta Institución. De acuerdo a lo expuesto, mi intención es desarrollar un trabajo académico paralelo a los diseños hidráulicos y de procesos de tratamiento que me encuentro realizando para las PTAR del BIMEJ, BITER9 y BASPC29 incluidas en el PDC 2017.

En ese orden de ideas, me interesa trabajar con los resultados de laboratorio señalados, con el propósito de llevar a cabo un análisis estadístico y probabilístico avanzado en torno a las características cuantitativas y cualitativas típicas de las aguas residuales que se generan en guarniciones militares, de tal forma que los resultados que se obtengan a la postre de dicho ejercicio analítico, además de poseer fines evidentemente académicos, también puedan beneficiar al Comando de Ingenieros y en lo sucesivo se empleen por la Oficina de Gestión Ambiental del

Patria, Honor, Lealtad
"Dios en todas nuestras actuaciones"
Fe en la causa
Carrera 50 No. 18-06 Edificio Sabio Caldas quinto piso
Teléfono: (1) 4261800 Ext: 37106
www.ingenierosmilitares.mil.co



Al contestar, cite este número

Radicado No. **20164411018350**: MDN-CGFM-COEJC-SECEJ-JEMGF-COING-C10 -86.30

Pago 2 de 2

C10 para validar y/o complementar los insumos de información que habitualmente se utilizan en el diseño hidráulico tanto de PTARs como de sistemas de alcantarillado. En este sentido, a partir de los resultados de este trabajo académico, la Institución tendrá la capacidad técnica de efectuar las siguientes actividades:

- Determinar datos cuantitativos y cualitativos de las aguas residuales para múltiples escenarios de probabilidad que abarquen rangos de máxima, media y mínima generación de caudales y contaminantes.
- Predicción de caudales y cargas contaminantes horarias y diarias para cualquier unidad militar de la Fuerza, incluyendo aquellas que no poseen análisis de laboratorio de las aguas residuales generadas.
- Identificar el tipo de tecnologías que se requieren para depurar los contaminantes presentes en las aguas residuales generadas desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo de tales aguas.

Por otra parte, conviene resaltar que la información de los análisis de laboratorio que se pretende procesar refiere exclusivamente al agua residual que entra a la PTARs, luego, en virtud del objeto inherente al proyecto académico precitado, se garantiza plenamente que a partir de los resultados a obtener con el mismo, cualquier lector de la publicación académica respectiva, no tendrá la posibilidad de establecer o al menos inferir eficiencias de descontaminación de las Plantas, desempeño de sus procesos o mucho menos el cumplimiento de normas ambientales.

Atentamente,

DANIEL EMILIO MORENO MONTENEGRO
Asesor Agua Potable y Saneamiento
C48 – COING

Elabora: ING DANIEL MORENO
Asesor Agua Potable y Saneamiento

AUTORIZADO X FINES ACADÉMICOS.
06-10/2016.

Patria, Honor, Lealtad
"Dios en todas nuestras actuaciones"
Fe en la causa
Carrera 50 No. 18-06 Edificio Sabio Caldas quinto piso
Teléfono: (1) 4261800 Ext: 37106
www.ingenierosmilitares.mil.co

