

Planta de tratamiento de agua potable con agua lluvia para una población de cien habitantes

Water treatment plant with rainwater for a population of a hundred inhabitants

RODOLFO ALFREDO CASTELLANOS L.¹ - JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS²

1. Magíster en Ingeniería Civil, con énfasis en Ingeniería Ambiental de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

rodolfo.castellanos@mail.escuelaing.edu.co – jairo.romero@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/10/2020 Aceptado: 17/10/2020

Disponible en http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista
<http://revistas.escuelaing.edu.co/index.php/reci>

Resumen

En este artículo se presenta la caracterización del agua lluvia en varias regiones del planeta y se propone una planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para una población de cien habitantes, como alternativa sustentable porque no explota ningún cuerpo de agua (Castellanos, 2019).

Palabras claves: planta de tratamiento de agua potable (PTAP), calidad del agua lluvia, demanda de agua y agua lluvia.

Abstract

This article presents studies on rainwater characterization in different regions of the planet and proposes a WTP for a population of a hundred inhabitants, as a sustainable alternative because it does not exploit any body of water.

Keywords: drinking water treatment plant (WTP), rainwater quality, water demand, rainwater.

INTRODUCCIÓN

Se presenta la caracterización del agua lluvia en varios países y se determinan los requisitos para abastecimiento de agua potable para una población de cien habitantes en Colombia.

CASOS ANALIZADOS

Se analizaron las caracterizaciones de calidad del agua lluvia en Ibagué (Tolima, Colombia), Juiz de Fora (Brasil), Ontario (Canadá), microcuenca de Ibagué

(Tolima), Escuela Colombiana de Ingeniería (Bogotá, Colombia), Île-de-France (Francia), Ilorin (Nigeria) y Bogotá (Colombia).

CARACTERIZACIÓN PROMEDIO DE CASOS ANALIZADOS

La caracterización promedio de los casos analizados se incluye a continuación (tabla 1).

En la tabla siguiente se determinan las cualidades del agua lluvia, según la Resolución 2115 de 2017 para la calidad del agua para consumo humano (tabla 2).

Tabla 1
Caracterización promedio del agua lluvia

Parámetro	Unidad	Intervalo		Promedio
		Mín.	Máx.	
Turbiedad	UTN	1,40	39,40	12,14 ± 13,21
Color aparente	UPC	0,70	214,00	57,69 ± 77,75
pH		5,00	8,47	6,97 ± 1,2
Conductividad	μS/cm	9,413	162,50	44,80 ± 46,93
Alcalinidad	mg/L	1,50	29,27	13,96 ± 9,321
Cloruros	mg/L	4,30	17,30	9,613 ± 5,947
Dureza total	mg/L	0,80	125,00	42,47 ± 43,66
Nitratos	mg/L	0,30	50,16	9,382 ± 18,04
Nitritos	mg/L	0,00	0,03	0,02 ± 0,017
AUV	cm ⁻¹	0,019	0,097	0,051 ± 0,041
DQO	mg O ₂ /L	5,10	5,12	5,11 ± 0,014
Acidez	mg/L-CaCO ₃	10,00	12,00	10,00 ± 1,414
Sulfatos	mg/L	0,068	17,30	6,43 ± 8,575
Coliformes T.	NMP/100 ml	21,00	373,00	135,7 ± 158,4

Tabla 2
Cumplimiento de la norma (RAS 2017-AP)

Parámetro	Unidad	Valor obtenido	Norma Res. 2115/2007	Cumplimiento
Turbiedad	UTN	12	2	No cumple
Color aparente	UPC	58	15	No cumple
pH		6,97	6,5-9	Cumple
Conductividad	μS/cm	45	1000	Cumple
Alcalinidad	mg/L	14	200	Cumple
Cloruros	mg/L	10	250	Cumple
Dureza total	mg/L	42	300	Cumple
Nitratos	mg/L	9	10	Cumple
Nitritos	mg/L	0,02	0,10	Cumple
Sulfatos	mg/L	6	250	Cumple
Coliformes T.	NMP/100 ml	135	0	No cumple

Los valores promedio indican que el agua lluvia es agua de buena calidad, que requiere solamente remoción de turbiedad, color y coliformes para el consumo humano.

DEMANDA DE AGUA

La Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) facilitó los valores totales mensuales de precipitación (tabla 3) del municipio de estudio, Zipaquirá, mediante la estación pluviométrica 2120074 de la cuenca Río Negro.

Tabla 3
Valores mensuales de precipitación

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR)														
Sistema de Información Climatológica e Hidrológica (Siclica)														
TABLA 13. VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm)														
ESTACIÓN : 2120074 ZIPAQUIRÁ														
Latitud	0501 N	X=N=1047850	Departamento	CUNDINAMARCA	Corriente	R. NEGRO	Categoría	PG						
Longitud	7400 W	Y=E=1007620	Municipio	ZIPAQUIRÁ	Cuenca	R. NEGRO	Fecha de instalación	2/01/1960						
Elevación	2655 m .s .n.m.		Oficina provincial	9 SABANA CENTRO			Fecha de suspensión							
Año		Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	
1990		27,2	32,1	0	98	51,9	26,6	13,7	0					
1994		81,2	70	98,9	104,2	136,1	32	88,7	41	11,4	16,9	25,4	6,9	
1995		12	77,6	76,3	68,8	94,1	39,7	66,3	64,7	73,2	67,1	27,9	87,5	
1996		49,3	66,5	118,6	92,1	132,8	79,9	117,5	80,1	21,1	171,8	79	114,8	
1997		113,5	35,3	22,7	70,4	31,3	59,7	35	25,7	20,4	34,1	82,2	6,9	
1998		19,8	43,8	73,7	187,9	211,7	72,5	91,5	42,4	73,3	162,8	95,8	75,7	
1999		45,4	72,8	79,2	48,8	62,9	64,8	37,2	81,9	139,1	208,3	109,7	41	
2000		62,5	132,9	102,8	77,7	77,8	74,4	111,1	58,2	106,4	64,6	80,2	21,2	
2001		28,3	18,8	17,4	34	48	34	48	48,3	80,6	52,9	45,5	42,9	
2002		14,8	34,9	130,6	56,1	169,5	63	45,1	49,4	34,4	148,1	59,1	54,6	
2003		29,2	58,1	58,8	161,4	47,2	44,8	67,6	57,2	46,1	90	107	19	
2004		54,7	19,3	44,8	167,5	127,2	46,7	65,5	23,9	128,4	166,5	175	18,5	
2005		22,7	102,2	23,2	108,6	119,1	64,7	92,8	35,2	81,1	287	112,6	58,5	
2006		43,3	66,2	135,2	251,5	227,2	180,4	81,8	51,8	16,5	109,1	158,9	42,1	
2007		2,1	14	70,1	109,4	49,4	106,8	22,8	55,7	39,5	252,5	64	84	
2008		29,2	21	121,6	55,4	62,5	113,3	82,8	111	68,7	127	198,3	70,5	
2009		46,8	51,9	55,3	75,3	50,3	44,5	54,8	33,9	34,8	116,2	53,6	4,3	
2010		6,5	14	32,4	175,8	162,6	88,8	180,2	67,3	105,4	103,2	146,2	88,5	
2011		23,5	126,6	136,8	272,1	197,4	86,2	51,8	54,9	72,6	179,2	174,4	59,9	
2012		69,7	47,6	109,8	192,3	100,3	53,1	110,5	58,7	28,9	176,8	87,9	22,6	
2013		33,4	62,9	61,9	95	95,6	23,1	23,7	67,4	54	84,4	119	69	
2014		24,4	56,9	39,3	58,2	73,3	56,1	44,2	38,6	18,6	111,2	90,9	35,7	
2015		42,1	78,2	87,9	49,4	20,9	44,5	53,5	31,2	9,9	54,7	14,2	5,8	
2016		22,1	31,8	102,8	137,5	92,2	64,6	53,7	60	45,1	108,2	135	44,4	
2017		31,7	42	171	61	97,4	86,8	47,1	77,3	29,7	73,3	91,5	106,1	
2018		43,7	48,3	112,8	135,2	80	42,1	51,3	38,2	32,5	75,2	82,1	12	

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), 2019.

Tabla 4
Promedios mensuales de agua (mm)

Año	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.
2008	29,2	21	121,6	55,4	62,5	113,3	82,8	111	68,7	127	198,3	70,5
2009	46,8	51,9	55,3	75,3	50,3	44,5	54,8	33,9	34,8	116,2	53,6	4,3
2010	6,5	14	32,4	175,8	162,6	88,8	180,2	67,3	105,4	103,2	146,2	88,5
2011	23,5	126,6	136,8	272,1	197,4	86,2	51,8	54,9	72,6	179,2	174,4	59,9
2012	69,7	47,6	109,8	192,3	100,3	53,1	110,5	58,7	28,9	176,8	87,9	22,6
2013	33,4	62,9	61,9	95	95,6	23,1	23,7	67,4	54	84,4	119	69
2014	24,4	56,9	39,3	58,2	73,3	56,1	44,2	38,6	18,6	111,2	90,9	35,7
2015	42,1	78,2	87,9	49,4	20,9	44,5	53,5	31,2	9,9	54,7	14,2	5,8
2016	22,1	31,8	102,8	137,5	92,2	64,6	53,7	60	45,1	108,2	135	44,4
2017	31,7	42	171	61	97,4	86,8	47,1	77,3	29,7	73,3	91,5	106,1
2018	43,7	48,3	112,8	135,2	80	42,1	51,3	38,2	32,5	75,2	82,1	12
Prom (mm)	33,92	52,84	93,78	118,84	93,86	63,92	68,51	58,05	45,47	109,95	108,46	47,16

Precipitación promedio mensual

El RAS 2000, título J, “Alternativas tecnológicas en aguas y saneamiento para el sector rural”, dice textualmente en su numeral 8.9.6 que con base en la información anterior se debe determinar el promedio mensual de la precipitación para calcular el volumen de la oferta mensual de agua lluvia. Los resultados se presentan a renglón seguido (tabla 4).

Parámetros de diseño

Para la zona estudiada, ubicada en la parte central del país, con altitud promedio de 2607 m.s.n.m., la Resolución 0330 de 2017 reglamenta los requisitos técnicos de diseño incluidos a continuación (tabla 5).

CAPTACIÓN, RECOLECCIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA LLUVIA

El sistema de captación de agua lluvia mediante techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor, y d) almacenamiento.

Área de captación

El área requerida para abastecer la demanda de cien habitantes en la zona de estudio, 20,8 m³/día, para la precipitación promedio anual de 895 mm (tabla 4) es de 9426 m², suponiendo un coeficiente de escorrentía de 0,9.

Tabla 5
Parámetros de diseño

Parámetro	Valor	Referencia
Población	100 hab.	---
Dotación neta máxima	120 L/hab.día	Res. 330 de 2017
Pérdidas técnicas	25 %	Res. 330 de 2017
Dotación bruta	160 L/hab.día	Res. 330 de 2017
Caudal medio diario	16 m ³ /día	Res. 330 de 2017
Caudal máximo diario	20,8 m ³ /día	Res. 330 de 2017
Caudal de diseño	20,8 m ³ /día	Res. 330 de 2017

Tabla 7
Almacenamiento requerido (m³)

Mes	Demanda, m³	Lluvia, mm	Oferta, m³	Cambio de almacenamiento, m³	Almacenamiento acumulado, m³
Enero	624	34	295	-329	165
Febrero	624	53	459	-165	0
Marzo	624	94	815	191	191
Abril	624	119	1032	408	599
Mayo	624	94	815	191	791
Junio	624	64	555	-69	722
Julio	624	69	595	-29	693
Agosto	624	58	504	-120	573
Septiembre	624	45	395	-229	345
Octubre	624	110	955	331	676
Noviembre	624	108	942	318	994
Diciembre	624	47	410	-214	780
Total	7488		7774		

El volumen requerido del tanque de almacenamiento es de 994 m³

$$A = \frac{OM}{P \times C} = \frac{7.592.000 \frac{L}{año}}{895 \frac{mm}{año} \times 0,9} = 9426 \text{ m}^2$$

$$VT \text{ almacenamiento} = 994 \times 1,15 = 1143 \text{ m}^3$$

Tabla 8
Dimensiones del tanque de almacenamiento

Volumen	1143
Altura	5
Área	229
Ancho	15
Largo	15

Almacenamiento

El volumen del tanque de almacenamiento se determina tomando en cuenta la demanda requerida y los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados (tabla 7).

Si se considera el volumen de provisión de control de incendios estructurales, de acuerdo con el nivel de riesgo en la zona del proyecto, BAJO, se requiere un incremento de un 15 %, como lo sugiere la Resolución 330 de 2017 en su artículo 81. Por tanto:

TRATAMIENTO REQUERIDO

Teniendo en cuenta la calidad evaluada del agua lluvia, se requiere una PTAP de filtración con los siguientes procesos: sedimentación, filtración lenta y desinfección, para facilitar la operación y el mantenimiento.

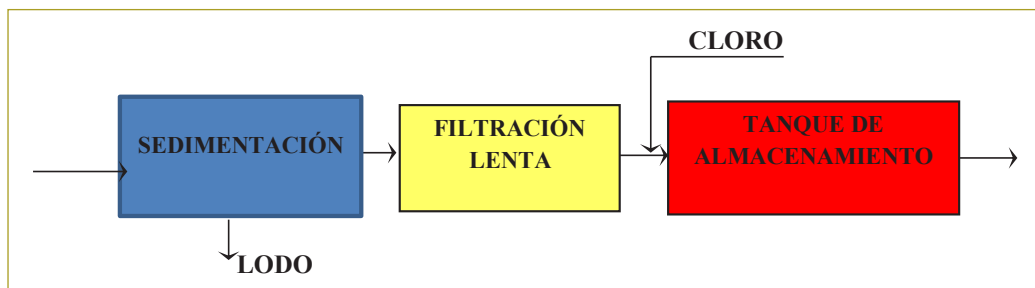


Figura 1. Tratamiento en una PTAP convencional. Suministro pequeño.

Fuente: Jairo Romero Rojas, 2009.

CONCLUSIONES

- La composición del agua lluvia está estrechamente relacionada con el nivel de emisiones contaminantes locales y por las condiciones climáticas y atmosféricas.
- Las áreas de captación del agua lluvia se deben estudiar previamente y la recolección debe hacerse en sitios adaptados para tal fin.
- La clasificación del agua lluvia como una fuente buena (concluida en este estudio) demuestra la viabilidad de su uso para el abastecimiento de agua potable.
- El agua lluvia tratada se puede contaminar fácilmente en el proceso de almacenamiento posterior al tratamiento, por el uso de un inadecuado tanque de almacenamiento.
- Las propiedades fisicoquímicas del agua lluvia (turbiedad y color) fueron las más influenciadas por los

materiales de captación, almacenamiento de agua cruda y el entorno del sitio.

- La planta de tratamiento de agua potable diseñada para este caso particular cumple con las normativas vigentes en tratamiento de aguas para consumo, compuesta de un sedimentador, filtración lenta, tanque de contacto y lechos de secado.
- Se requiere un área de captación muy grande, debido a la oferta de la zona de estudio, que puede dificultar la viabilidad del proyecto.

REFERENCIAS

- Castellanos, R. A. (2019). *PTAP con agua lluvia para una población de cien habitantes* (trabajo de grado, Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia).
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2019).
- Romero, J. A. (2013). *Calidad del agua* (3.ª ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.