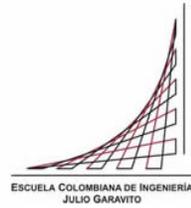


Maestría en Ingeniería Civil

**Eficiencia de Desinfección en Piscinas de Clima Tropical: Caso de
Estudio Parque Acuático Piscilago, Girardot - Colombia.**

Diana Carolina Vega Romero

Bogotá, D.C. 12 de diciembre, 2018



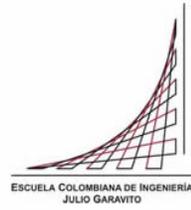
**Eficiencia de Desinfección en Piscinas de Clima Tropical: Caso de
Estudio Parque Acuático Piscilago, Girardot - Colombia.**

**Tesis para optar al título de magíster en Ingeniería Civil, con
énfasis en Ingeniería Ambiental**

Diana Carolina Vega Romero

Director: Ing. Yuly Andrea Sánchez Londoño

Bogotá, D.C. 12 de diciembre, 2018



La tesis de maestría titulada “Eficiencia de Desinfección en Piscinas de Clima Tropical: Caso de Estudio Parque Acuático Piscilago, Girardot - Colombia.”, presentada por Diana Carolina Vega Romero, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental.

Director de la tesis

Ing. Yuly Andrea Sánchez Londoño

Jurado

Ing. Jairo Alberto Romero Rojas

Jurado

Ing. María Paulina Villegas

Bogotá, D.C., diciembre de 2018

Agradecimientos

A la energía del universo por permitirme culminar con este ciclo de mi vida, el cual me ayuda a progresar cada día más, a mis padres Víctor Manuel Vega Vega y Lucila Romero Sabogal, porque a lo largo de toda mi vida siempre han tenido una enseñanza firme y con amor, que me han dado la fuerza para salir adelante ante cualquier dificultad, a mi hermana Adriana Vega Romero y su esposo Gabriel Romero Sánchez, por su gran tenacidad y ejemplo, a Mateo Mejía Gutiérrez por su gran ayuda y disposición para brindarme su apoyo, a mi directora de tesis Yuly Andrea Sánchez Londoño, por brindarme la oportunidad de llevar a cabo este proyecto de investigación y por su guía incondicional en cada momento de este proceso.

Resumen

Las piscinas corresponden una parte fundamental de la cultura recreacional de la sociedad actual, de allí el crecimiento de los parques acuáticos y recreacionales. En el caso del Mega Parque Piscilago, el cual se encuentra ubicado en el municipio de Girardot, Cundinamarca, es el parque acuático más grande de Colombia y el segundo más grande de Latinoamérica.

Teniendo en cuenta su gran uso, el control de la calidad del agua de las piscinas es de vital importancia para prevenir problemáticas de salud pública, su tratamiento se fundamenta en el proceso de desinfección, la cual se encarga de eliminar los vectores de propagación de enfermedades y los patógenos contenidos en el agua; como método principal se encuentra el cloro, por su economía y efectividad, sin embargo, genera un fuerte impacto al medio ambiente, por lo que se han desarrollado otras alternativas, tales como la radiación ultravioleta y el gas ozono.

Esta investigación se basa en la comparación de la efectividad de los tres métodos de desinfección usados en las piscinas del Mega Parque (Cloro, Ozono y Radiación UV); mediante la caracterización del agua de un total de diez (10) piscinas, tomando en cuenta los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos; para ello, se analizan los muestreos tomados por el Parque entre los meses de agosto de 2016 y diciembre de 2017 y dos contra muestreos en los meses de junio y septiembre de 2018, realizados por la investigadora, de esta manera verificar el patrón entre las distintas fechas y la influencia de la temporada (alta o baja), definidas por la afluencia de público y por último, determinar las principales ventajas y desventajas de cada método.

Luego de desarrollada la investigación se llega a la conclusión que todos los métodos de desinfección poseen una eficiencia similar, sin embargo, el cloro por su estabilidad molecular sigue desinfectando aun después de aplicado; por lo cual, a los métodos de ozono y radiación UV se les aplica una mínima dosis de cloro para garantizar el efecto residual; por otro lado, estos procesos son de difícil acceso a razón de su alto coste de adquisición y operatividad, por lo que solamente es usado en parques con la capacidad económica para financiar este tipo de tratamientos.

Índice general

1	Objetivos.....	15
1.1	Objetivo General	15
1.2	Objetivos específicos	15
2	Planteamiento del Problema.....	16
3	Marco Teórico.....	17
3.1	Desinfección del agua en piscinas	21
3.2	Estado del arte	22
3.3	Marco de conceptos	24
3.4	Marco normativo asociado a piscinas	26
3.4.1	Organización mundial de la salud – directrices para ambientes recreativos seguros del agua	26
3.5	Diagnóstico.....	28
3.5.1	Descripción general del sistema de tratamiento del Mega Parque.....	28
3.5.2	Descripción sistema de tratamiento de las 10 piscinas seleccionadas.....	31
3.5.2.1	Piscina Oasis:	31
3.5.2.2	Piscina El Mirador	35
3.5.2.3	Piscina El Manantial.....	39
3.5.2.4	Piscina Parque acuático infantil	42
3.5.2.5	Piscina Las Fuentes.....	46
3.5.2.6	Piscina La Cascada	49
3.5.2.7	Tobogán Onda Extrema.....	52
3.5.2.8	Tobogán Piscihuracanes	54
3.5.2.9	Tobogán Piscitornado	56
3.5.2.10	Tobogán Megatobogán.....	58

4	Metodología	61
4.1	Método adoptado características físicas y químicas	61
4.2	Método adoptado características microbiológicas	63
4.2.1	Técnica de laboratorio.....	63
4.2.1.1	Toma y preservación de muestra:	63
4.2.1.2	Procedimiento	65
5	RESULTADOS Y CONTRIBUCIONES.....	66
5.1.1.1	Datos históricos caracterización de aguas	66
5.2	Determinación Parámetros.....	74
5.3	Análisis de resultados	81
5.3.1	Comparación de los datos para el parámetro de pH.	81
5.3.2	Comparación de los datos para el parámetro de turbidez.	82
5.3.3	Comparación de los datos para el parámetro de cloro residual.....	84
5.3.4	Comparación de los datos para el parámetro de cloro combinado.....	85
5.3.5	Ensayos microbiológicos.....	86
6	Conclusiones	89
7	Bibliografía	91

Índice de Tablas

Tabla 1 Características físicas, químicas y microbiológicas del agua de estanques de piscinas y estructuras similares	27
Tabla 2 Dimensiones Piscina Oasis	32
Tabla 3 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Oasis	35
Tabla 4 Dimensiones Piscina Mirador	36
Tabla 5 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina El Mirador	38
Tabla 6 Dimensiones Piscina El Manantial.....	39
Tabla 7 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina El Manantial	42
Tabla 8 Dimensiones Piscina Parque Acuático Infantil	43
Tabla 9 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Parque Acuático infantil ..	45
Tabla 10 Dimensiones Piscina Las Fuentes.....	46
Tabla 11 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Las Fuentes	48
Tabla 12 Dimensiones Piscina La Cascada	49
Tabla 13 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina La Cascada	51
Tabla 14 Porcentaje de cumplimiento de los parámetros de calidad de agua por piscina.	66
Tabla 15 Porcentaje global de cumplimiento de los parámetros de calidad de agua.....	67
Tabla 16 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – Promedio Temporada baja	67
Tabla 17 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – Promedio Temporada alta	71
Tabla 18 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – temporada baja	74
Tabla 19 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – temporada alta	78
Tabla 20 Relación de parámetros de cloro con la presencia de patógenos en el agua- Temporada baja y alta.	87

Índice de Figuras

Figura 1 Árbol de problemas, Identificación de las problemáticas encontradas en el Mega parque Piscilago. Autora.....	16
Figura 2 Planta potabilizadora, esquema del proceso de tratamiento.....	31
Figura 3 Comportamiento del pH de datos históricos – temporada baja. Autora.	68
Figura 4 Comportamiento de la turbidez de datos históricos – temporada baja. Autora....	68
Figura 5 Comportamiento del Cloro residual datos históricos – temporada baja. Autora. .	69
Figura 6 Comportamiento cloro combinado datos históricos – temporada baja. Autora.	70
Figura 7 Comparación de Cloro residual libre vs Coliformes totales y E.Coli datos históricos – temporada baja. Autora.	71
Figura 8 Comportamiento del pH datos históricos – temporada alta. Autora.	72
Figura 9 Comportamiento de la turbidez datos históricos – temporada alta. Autora.....	72
Figura 10 Comportamiento del cloro residual datos históricos – temporada alta. Autora. .	73
Figura 11 Comportamiento del cloro combinado datos históricos – temporada alta. Autora.	73
Figura 12 Comparación de Cloro residual libre vs Coliformes totales y E.Coli datos históricos – temporada baja. Autora.	74
Figura 13 Comportamiento del pH contra muestreo – temporada baja. Autora.....	75
Figura 14 Comportamiento de la turbidez contra muestreo – temporada baja. Autora.....	76
Figura 15 Comportamiento del Cloro residual contra muestreo – temporada baja. Autora	76
Figura 16 Comportamiento de Cloro combinado contra muestreo – temporada baja. Autora.	77
Figura 17 Comparación de Cloro residual vs Coliformes totales y E.coli contra muestreo – temporada baja. Autora.	77
Figura 18 Comportamiento del pH contra muestreo – temporada alta. Autora.....	78
Figura 19 Comportamiento de la turbidez contra muestreo – temporada alta. Autora.....	79
Figura 20 Comportamiento del Cloro residual contra muestreo – temporada alta. Autora	79
Figura 21 Comportamiento de Cloro combinado contra muestreo – temporada alta. Autora.	80
Figura 22 Comparación de Cloro residual vs Coliformes totales y E.coli contra muestreo – temporada alta. Autora.	81

Figura 23 Comparación del promedio de pH de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.	82
Figura 24 Comparación del promedio de turbidez de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.	83
Figura 25 Comparación del promedio de Cloro Residual de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.	84
Figura 26 Comparación del promedio de Cloro Combinado de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.	86

Índice de Fotografías

Fotografía 1 Planta potabilizadora, tanque clarificador. Autora.....	29
Fotografía 2 Planta potabilizadora, sistema de filtración de alta tasa. Autora.....	30
Fotografía 3 Planta potabilizadora, tuberías de suministro de coagulante y cloro. Autora.....	30
Fotografía 4 Piscina Oasis, forma y dimensiones. Autora.....	31
Fotografía 5 Piscina Oasis, sistema de tratamiento. Autora.....	32
Fotografía 6 Piscina Oasis, motor día y noche. Autora.....	33
Fotografía 7 Piscina Oasis, tuberías de entrada al filtro, retorno y desagüe, y válvulas. Autora.....	33
Fotografía 8 Piscina Oasis, filtro de arena horizontal. Autora.....	34
Fotografía 9 Piscina Oasis, equipo de desinfección por ozono. Autora.....	34
Fotografía 10 Piscina Mirador, forma y dimensiones. Autora.....	35
Fotografía 11 Piscina El Mirador, sistema de tratamiento. Autora.....	36
Fotografía 12 Piscina El Mirador, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche. Autora.....	37
Fotografía 13 Piscina El Mirador, filtro de arena horizontal y equipo de ozono, Autora.....	38
Fotografía 14 Piscina El Manantial, forma y dimensiones. Autora.....	39
Fotografía 15 Piscina El Manantial, sistema de tratamiento. Autora.....	40
Fotografía 16 Piscina El Manantial, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche y motor cascada. Autora.....	40
Fotografía 17 Piscina El Manantial, filtro de arena vertical y equipo de ozono, Autora.....	41
Fotografía 18 Piscina El Manantial, dosificación cloro. Autora.....	41
Fotografía 19 Piscina Parque Acuático Infantil, forma y dimensiones. Autora.....	42
Fotografía 20 Piscina Parque Acuático Infantil, sistema de tratamiento. Autora.....	44
Fotografía 21 Piscina Parque Acuático infantil, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche y motor castillos y hongos. Autora.....	44
Fotografía 22 Piscina Parque Acuático infantil, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.....	45
Fotografía 23 Piscina Las Fuentes, forma y dimensiones. Autora.....	46
Fotografía 24 Piscina Las Fuentes, sistema de tratamiento. Autora.....	47
Fotografía 25 Piscina Las Fuentes, tuberías de aspirado, desnatadores y de fondo y motor día y noche. Autora.....	47

Fotografía 26 Piscina Las Fuentes, filtro de arena horizontal y equipo de cloración, Autora.	48
Fotografía 27 Piscina La Cascada, forma y dimensiones. Autora.....	49
Fotografía 28 Piscina La Cascada, sistema de tratamiento. Autora.....	50
Fotografía 29 Piscina La Cascada, motor día y noche y motor cascada. Autora.....	50
Fotografía 30 Piscina La Cascada, filtro de arena horizontal y equipo de cloración, Autora.	51
Fotografía 31 Tobogán Onda Extrema, forma y dimensiones. Autora	52
Fotografía 32 Tobogán Onda Extrema, motor día y noche y motores tobogán. Autora.....	53
Fotografía 33 Tobogán Onda Extrema, filtro de arena horizontal y equipo de desinfección – Rayos UV, Autora.....	53
Fotografía 34 Tobogán Piscihuracanes, forma y dimensiones. Autora	54
Fotografía 35 Tobogán Piscihuracanes, motor día y noche y motores tobogán. Autora.....	55
Fotografía 36 Tobogán Piscihuracanes, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.	55
Fotografía 37 Tobogán Piscihuracanes, tablero de control. Autora	56
Fotografía 38 Tobogán Piscitornado, forma y dimensiones. Autora.....	57
Fotografía 39 Tobogán Piscitornado, sistema de tratamiento. Autora	57
Fotografía 40 Tobogán Piscitornado, equipo de cloración, Autora.....	58
Fotografía 41 Tobogán Megatobogán, forma y dimensiones. Autora	59
Fotografía 42 Tobogán Megatobogán, sistema de tratamiento, motor día y noche. Autora	59
Fotografía 43 Tobogán Megatobogán, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.	60
Fotografía 44 Tobogán Megatobogán, tablero de control. Autora.....	60
Fotografía 45 Muestreo Kit portátil test de Cloro y pH.....	62
Fotografía 46 Determinación de pH, Cloro Libre y cloraminas.....	62
Fotografía 47 Análisis de laboratorio, determinación de turbidez.....	63
Fotografía 48 Toma de muestra microbiológica	64
Fotografía 49 Frasco de muestra con los respectivos datos. Autora	65

Introducción

Las piscinas constituyen un elemento muy común en la vida moderna, ya sea para recreación, natación, buceo, terapia o competición (Romero Rojas and Sánchez Londoño, 2011), en Colombia son particularmente muy visitadas, incluidas en la cultura recreativa, debido a las buenas condiciones climáticas del trópico. Hoy por hoy son el plan favorito elegido por las familias colombianas para los fines de semana (Doménech-Sánchez, Olea, & Berrocal, 2008); por tal razón, es importante el aseguramiento de la calidad del agua, para ello, estas deben acatar los parámetros de calidad del agua analizados en la Resolución 1618 de 2010 (Ministerio de la protección social, 2010) en donde se establecen las características físicas, químicas y microbiológicas que debe cumplir el agua de las piscinas para garantizar la salud de los usuarios.

Para asegurar el cumplimiento de esta normatividad, todos los centros recreativos deben contar con un sistema de tratamiento, especialmente los parques acuáticos de gran tamaño, los cuales manejan un alto flujo de personas por día. Dichos sistemas de tratamiento están condicionados a las necesidades de los parques, la capacidad adquisitiva y técnica y el tipo de agua que se use (Díaz-Solano, Esteller, & Hoyos, 2011). Dentro de los procesos más utilizados se encuentran: La cloración, ozono y rayos UV; los cuales tienen como objetivo principal la eliminación de patógenos potencialmente peligrosos para la salud humana (Martínez A & Albarado Y, 2013).

Existen otras tecnologías de desinfección tales como las que usan yodo, bromo etc... Sin embargo, las más usadas se basan en sistemas de cloración, debido a su fácil adquisición y efectividad comprobada, aunque también ocasionan un notable impacto negativo en el medio ambiente, por ser un compuesto químico bioacumulable (Aragón & Alvarenga, 2012). Algunos autores enfocan su trabajo en buscar alternativas de desinfección que puedan reemplazar la cloración, con el objetivo de reducir el impacto que genera el cloro en el medio ambiente. Dentro de las alternativas de reemplazo más estudiadas, están las ya mencionadas tecnologías que utilizan ozono y rayos UV, las cuales son efectivas al momento de realizar la desinfección, sin embargo, requieren el uso complementario de un desinfectante de efecto residual, a razón de que estas realizan la desinfección únicamente en contacto, y se debe garantizar la inocuidad del agua por mayor tiempo (Familia, 2013), por lo que se sigue utilizando la cloración, pero, en una concentración mucho menor.

La presente investigación busca determinar cuál método es más eficiente, teniendo en cuenta la caracterización de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de diez (10) piscinas y la elaboración de un comparativo entre los métodos de desinfección, las características propias de cada una de las piscinas y la temporada de turismo en que se encuentre alta o baja.

Para este comparativo se tuvieron en cuenta los datos históricos de los muestreos realizados por el Mega Parque Piscilago, entre los meses de agosto 2016 a diciembre 2017, así como dos muestreos realizados de cada una de las diez (10) piscinas, uno en el mes de junio de 2018 para temporada alta, y el segundo en el mes de septiembre de 2018 en temporada baja como contra muestreos, para de esta manera realizar el análisis de eficiencia por medio del indicador E. coli y Coliformes totales.

1 Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia de desinfección en piscinas de clima tropical, en el Mega Parque Piscilago en el municipio de Girardot – Cundinamarca.

1.2 Objetivos específicos

- Realizar la recopilación de información existente y datos históricos para realizar la línea base del estado actual
- Efectuar un monitoreo a diez (10) piscinas del mega parque Piscilago para determinar la presencia de Coliformes Totales y E-Coli.
- Realizar la evaluación de eficiencia de desinfección, de acuerdo a la comparación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados, teniendo en cuenta el proceso de cada una de las piscinas Cloro, Ozono y Rayos UV.

2 Planteamiento del Problema

En cuanto al Mega Parque objeto del presente estudio "Piscilago", este cuenta con una planta de tratamiento de tipo compacta, la cual realiza la desinfección del agua de cada una de las piscinas, sin embargo, teniendo en cuenta que la afluencia de público del mega parque es demasiado alta, sobre todo en temporada alta, los niveles de patógenos pueden llegar a no cumplir con los límites permisibles por la normatividad establecida, por tal razón, es necesario realizar un estudio en donde se determine la eficiencia del proceso de desinfección.

A continuación, se presenta el árbol de problemas del Mega Parque Piscilago, en donde se muestran los efectos (enfermedades cutáneas, molestias en los ojos y sanciones de la autoridad ambiental) que pueden presentarse por la influencia del problema principal y a su vez las causas (malos hábitos de los usuarios, etc.) de este problema.

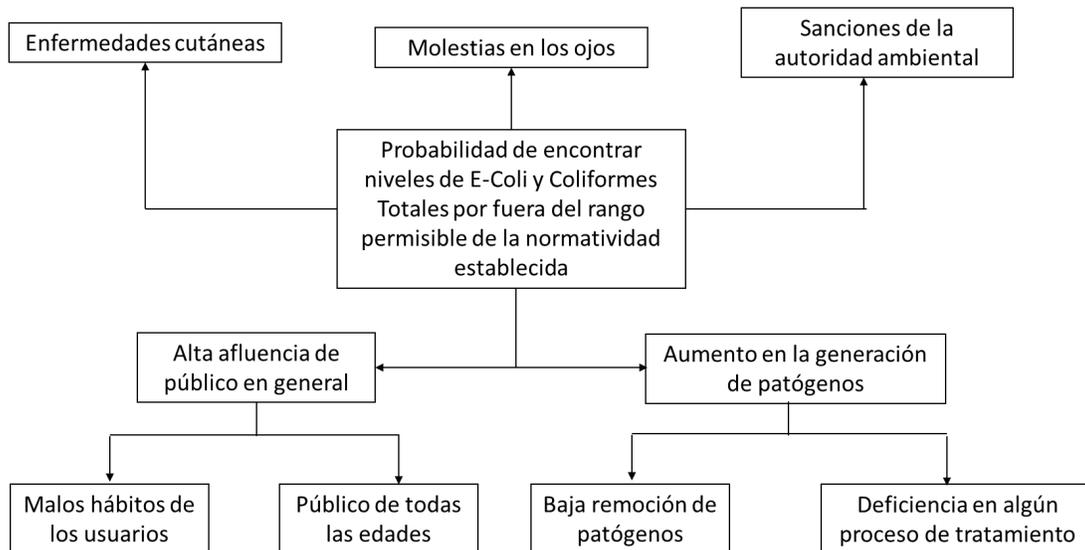


Figura 1 Árbol de problemas, Identificación de las problemáticas encontradas en el Mega parque Piscilago. Autora

La línea de investigación en Ingeniería Ambiental, del grupo de investigación del Centro de Estudios Ambientales, de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

¿Cuál es la importancia de evaluar la eficiencia de desinfección encargada de eliminar patógenos?

3 Marco Teórico

La caracterización de un agua tiene como objetivo conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos con el propósito de definir su aptitud para uso humano, agrícola, industrial, recreacional o como recurso asimilatorio de descargas contaminantes. La presentación adecuada de los parámetros de caracterización facilita la definición de la calidad del agua para un uso determinado y permite visualizar no sólo los aspectos relacionados con su composición química y microbiológica sino también los requerimientos económicos, legales y de tratamiento para su aprovechamiento (Romero Jairo, 2009). Esto deriva en una necesidad de explorar y estructurar tecnologías de tratamiento adecuadas para cada necesidad, tal como en el caso del agua para uso recreacional, de manera que se elimine el riesgo de problemáticas de salud pública por mala calidad de las aguas de piscinas de uso recreativo (Muñoz, Xiomara; Quintero, 2011).

El agua de recreación debe ser inocua para nadadores y bañistas. Tiene que ser estéticamente aceptable, libre de sustancias flotantes o suspendidas, sin color ni olor objetable, sin sustancias tóxicas, sin componentes irritantes de la piel y libre de organismos patógenos (Romero Jairo, 2009), para ello se deben implementar sistemas de tratamiento adaptables a los sitios recreativos que cumplan con la necesidad de tratamiento (Agua, 1992).

Existen diferentes criterios numéricos formulados para controlar la calidad del agua para recreación, algunos mucho más restrictivos que otros y, por tanto, establecidos con base en consideraciones estéticas o de capacidad de tratamiento, sin que haya estudios científicos que demuestren los riesgos por contacto con agua contaminada (Arcos Pulido, Ávila De Navia, Estupiñán Torres, & Gómez Prieto, 2005). La calidad del agua en una piscina se mantiene a través de la operación y control de un sistema de tratamiento generalmente integrado por un equipo de recirculación para filtración y desinfección del agua (Romero Jairo, 2009). El tipo de sistemas, sus especificaciones de tratamiento, las tecnologías implementadas, la operatividad y control del proceso determinan la efectividad del tratamiento (Quirós, 2005)

El tratamiento de las aguas de piscina está conformado por un sistema de recirculación, el cual cumple con la acción de regresar el agua de salida de la piscina otra vez a esta, después de su paso por un sistema de tratamiento, reduciendo su consumo y gasto; también cuenta con un equipo de purificación por medio de tecnologías de filtración y un equipo de desinfección que cumple con la inocuidad del agua, el sistema reemplaza el agua en seis a ocho horas y permite asegurar la calidad física, química y biológica requerida (Colmenares, Correia-De-Soto, & De-Sousa, 2008). Para el seguimiento y control del proceso se realizan ensayos de control rutinario, como lo son: pH y cloro residual por lo menos tres veces diarias, claridad del agua una vez diaria y ensayos periódicos para turbiedad, alcalinidad, Coliformes, dureza, nitrógeno amoniacal y orgánico, cloruros y conteo bacteria en placa (Ceron, Pérez Vidal, & Lozada, 2005). El proceso de filtración se realiza mediante tecnologías de alta tasa y la desinfección mayormente con cloro; el mantenimiento de un residual de cloro libre, de por lo menos 0,6mg/L, a un pH de 7,2 a 7,6 garantiza una buena desinfección, constante en el tiempo después de la aplicación, gracias a la estabilidad de las moléculas del cloro en el agua.

El agua de una piscina recibe una cantidad de compuestos de nitrógeno a través del sudor y de la orina. La urea de dichos materiales se hidroliza para formar compuestos de amonio, los cuales conducen a la formación de cloraminas y al desarrollo de olores a cloro y molestias a los ojos. El olor a cloro en una piscina es un síntoma de dosificación inadecuada de cloro o de control deficiente de pH. En una piscina es más recomendable la operación en el rango de residual de cloro libre; también se usan equipos de ozono y radiación ultra violeta, para la desinfección, pero a razón de su elevado costo y reducida efectividad por su ausencia de efecto residual, son menos utilizados (Jiménez, 2013; Pérez, 1981; Quirós, 2005).

Parámetros físicos:

pH: Parámetro ampliamente utilizado para visualizar la aptitud del agua para diferentes usos y tratamientos. En aguas de consumo municipal debe ser superior a 6,5 e inferiores a 9,0 para prevenir corrosividad o incrustación excesiva de las tuberías, así como sabor amargo del agua cuando el pH es muy alto. Sin embargo, cuando el agua tiene alcalinidad y concentración de calcio alta, se recomienda un pH en el agua tratada de 6,8 a 7,3. (Romero Jairo, 2009).

Turbidez es la dificultad del agua, para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc. Además, interfiere con la mayoría de los procesos a que se pueda destinar el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento. (Jiménez, 2013)

Temperatura: La variación de la temperatura tiene incidencia sobre diferentes parámetros físico - químicos que, a su vez, pueden afectar la calidad de las aguas de riego. Los factores a tener en cuenta son derivados de los sistemas de riego, de las condiciones del cultivo y de la variación de temperatura diaria y estacional. (Pérez, 1981)

La solubilidad de las sales varía irregularmente en función de la sal de que se trate. La solubilidad de muchas sales aumenta con la temperatura. En cambio, en algunos sulfatos y carbonatos alcalinotérreos, un cambio en las formas cristalinas y estables conduce a una disminución de solubilidades con el aumento de la temperatura. Consideramos, por último, que los bicarbonatos son inestables y se descomponen con el aumento de temperatura del agua, dando lugar a carbonatos y dióxido de carbono. (Quirós, 2005)

Parámetros químicos:

Cloro (Cl₂): Como gas es de color amarillo verdoso e irritante fuerte para las membranas mucosas. Es el agente más usado para desinfección de aguas de consumo. Es un gas altamente corrosivo y puede soportar combustión. Se ha demostrado que en concentraciones hasta de 90mg/l no presenta riesgos para la salud. En aguas para consumo humano, concentraciones mayores de 5mg/l producen sabor y olor desagradable. Residuales de cloro libre reaccionan con sustancias húmicas naturales para formar cloroformo y otros trihalometanos. (Arboleda, 1982)

Cloro Residual Libre: Es aquella porción que queda en el agua después de un período de contacto definido, que reacciona química y biológicamente como ácido hipocloroso o como ion hipoclorito. . (Arboleda Jorge, 1982)

Cloraminas: Las cloraminas en piscinas, también definida como monoclорamina, es un compuesto químico utilizado por los propietarios de piscinas privadas para resolver algunos conflictos en la piscina, sobre todo la desinfección del agua. Sin embargo, si no se usa de forma correcta, la cloramina puede resultar nociva y contraproducente.

La cloramina es la fórmula NH_2Cl , una combinación de cloro y amoníaco en una proporción determinada. Por lo general, se utiliza como una solución diluida con función desinfectante. El término cloramina también hace referencia a una familia de compuestos orgánicos, con fórmulas R_2NCl y RNCl_2 , siendo R un grupo orgánico. También son muy conocidas la dicloramina, NHCl_2 , y el tricloruro de nitrógeno, NCl_3 .

En las piscinas, las cloraminas se forman cuando el nivel de cloro que se viene usando es insuficiente (o las condiciones no son adecuadas) como consecuencia de la reacción del cloro activo con el amonio y otras sustancias que contienen nitrógeno (orina, sudor, suciedad de los bañistas, etc) de forma espontánea a través de una reacción química proveniente de la mezcla del cloro libre con sustancias orgánicas. (Jaramillo, 2010).

Cloro total: Suma del cloro libre residual y el cloro combinado o cloraminas, su valor máximo es de 0,6 mg/l sobre el cloro libre, y si el agua ha sido tratada con cloraminas, el valor máximo del cloro total será de 1,8 mg/l. (Romero Jairo, 2009)

Parámetros microbiológicos:

Escherichia coli: Forma la mayor parte de la flora comensal aerobia y anaerobia facultativa del tubo digestivo, y se elimina por las heces al exterior, por lo tanto, no es infrecuente que se encuentre en el medio ambiente, donde son capaces de sobrevivir durante cierto tiempo en el agua y los alimentos, de manera que su aislamiento constituye un indicador de contaminación fecal reciente. Puede intervenir en procesos patológicos como la producción de cuadros intestinales, diarreas e infecciones extraintestinales diversas. (Arboleda Jorge, 1982)

Coliformes totales: se encuentran con más frecuencia en el medio ambiente, pueden estar en el suelo y en las superficies del agua dulce, por lo que no son siempre intestinales, su identificación en estas fuentes sugiere fallas en la eficiencia del tratamiento y la integridad

del sistema de distribución (Subdirección De Hidrología - Grupo Laboratorio De Calidad Ambiental. IDEAM, 2007).

Coliformes: Bacterias Gram Negativas en forma bacilar que fermentan la lactosa a temperatura de 35 a 37°C, produciendo ácido y gas (CO₂) en un plazo de 24 a 48 horas. Se clasifican como aerobias o anaerobias facultativas, son oxidasa negativa, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la β galactosidasa. Es un indicador de contaminación microbiológica del agua para consumo humano. (Arboleda Jorge, 1982).

Coliformes (técnica de filtro membrana): Comprende todas las bacterias aerobias y anaerobias facultativas, gram negativas, que no producen esporas, de forma bacilar, que producen una colonia oscura con brillo metálico en un período de 24 horas o menos, a 35°C, en medio de cultivo tipo Endo que contenga lactosa. (Arboleda Jorge, 1982).

3.1 Desinfección del agua en piscinas

El proceso de eliminación de organismos microbiológicos perjudiciales para la salud posee unas características específicas para su realización, la operación debe realizarse siempre al final del tratamiento, asumiendo que el agua ha sido purificada de compuestos físico químicos, ya que estos pueden ser causantes de la proliferación de microorganismos (Torres, 2012).

El proceso se realiza mediante compuestos con propiedades para eliminar los microorganismos presentes en el agua y la proliferación de los mismos, por tal razón el método más utilizado es el cloro, ya sea gaseoso o granulado, sin embargo, también es el más perjudicial para el medio ambiente, debido a su efecto residual y acumulativo en la biota acuática (Martínez A & Albarado Y, 2013); aunque esta es la principal razón por la cual es el más utilizado, debido a su propiedad de efecto residual, el cloro posteriormente a la aplicación inicial, sigue garantizando la inocuidad del agua, por ello es el método de desinfección más efectivo, además de que es el más económico (Agbar, 2016).

A causa de los daños que genera el cloro en el medio ambiente, se han desarrollado tecnologías que puedan sustituir el método de cloración, tales como la utilización de gases de ozono y radiación ultravioleta, los cuales poseen unas características de desinfección

similares a las del cloro, con la ausencia de un efecto residual. Se tiene conocimiento de que el ozono puede llegar a oxidar cualquier sustancia presente en el agua, por ello, se le atribuyen cualidades desinfectantes superiores a las del cloro (Torres, 2012), en el caso de la radiación ultravioleta posee también una desinfección efectiva con el agregado de que no produce subproductos en el proceso, por lo que tampoco produce un efecto residual, aunque su utilización se ve limitada por el elevado costo de implementación, por lo que solamente es utilizado cuando se posee la capacidad económica para su financiamiento (Cimetiere & De Laat, 2014; Wright, H; Cairns, 2007); aunque son alternativas con gran potencial, todavía requieren el uso del cloro (en menor concentración) para garantizar el efecto residual en el agua y la calidad de la misma (Díaz-Solano, Esteller, & Hoyos, 2011).

3.2 Estado del arte

Las piscinas constituyen un elemento muy común en la vida moderna para recreación, natación, buceo, terapia y competición, son el plan preferido por las familias para los planes de fin de semana, por lo cual hacen parte de la cultura en países del trópico, por tal motivo, es de vital importancia tener en cuenta la calidad del agua de las mismas, debido a que un agua de mala calidad, constituye un riesgo de salud pública para la población que haga uso de ella, exponiendo la salud humana a enfermedades de la piel, pulmones, gastrointestinales y de los ojos (Navarra, 2013; Piscinas, 2011)

La importancia de la purificación del agua de piscinas radica en la necesidad de garantizar sitios sin riesgo a la salud, de allí la necesidad de la evaluación de la calidad del agua de las piscinas, el monitoreo y seguimiento constante de los parámetros de mayor relevancia, como el estudio realizado en Venezuela, sobre la evaluación de la calidad bacteriológica de aguas de piscinas públicas y privadas de la ciudad de Cumaná, estado de Sucre Venezuela, este estudio surge a razón de la constante contaminación y condiciones sanitarias específicas de las piscinas del sitio (Martínez and Alvarado, 2013).

En la ciudad de México, se realizó el estudio de la calidad físico – química y microbiológica del agua en parques acuáticos, el cual tenía como propósito analizar la evolución de calidad del agua en un parque acuático determinando niveles de deterioro y causas probables de éste y su relación con los factores externos al sistema de tratamiento; luego de realizado el estudio se concluyó que la calidad del agua debe controlarse en paralelo con la operatividad en la piscina, que es necesario estandarizar los procesos de cloración, que los usuarios son

responsables del deterioro y que es necesaria la generación de un sistema de gestión ambiental; la efectividad de los sistemas de tratamiento están directamente enlazados a la operatividad y manejo de los mismos, sin el buen manejo, su efectividad se ve reducida (Díaz Solano, Vicente Estellar and Garrido Hoyos, 2011).

Un tesis realizada en la Universidad de El Salvador, en julio de 2012, titulada “Determinación de la calidad microbiológica del agua de piscinas ubicadas en el complejo deportivo de ciudad Merliot y el Polideportivo de la universidad de El Salvador durante tres meses del año 2011”, la cual se desarrolló para conocer el estado sanitario del agua de las piscinas utilizadas por atletas y bañistas que asisten al complejo, en donde se determinó que en uno de los parámetros analizados el conteo está por encima del límite máximo recomendado por la guía de la OMS (Organización Mundial de la Salud) para aguas recreacionales (200UFC/ml)., indicando que el agua no era apta para uso recreativo durante el periodo de mayo a julio de 2011, esto, debido posiblemente a factores ambientales externos al sistema de tratamiento y específicos a este periodo de tiempo, lo que sugiere la necesidad de corregir la operatividad y manejo del proceso de purificación del agua de acuerdo a las condiciones externas al proceso, es decir, las condiciones del sistema de tratamiento deben ser acorde a las condiciones ambientales en las que se encuentra la piscina (Alvarenga Marroquín and Aragón del Valle, 2012).

Un estudio realizado en la comunidad de Cataluña, en España se evalúa la posibilidad de uso de piscinas ecológicas para deportistas, minimizando el riesgo de la exposición al cloro, mediante el uso de tecnologías alternativas como el ozono; el estudio se fundamenta en el riesgo al que está expuesta la población con el uso de desinfección por cloro, sus efectos nocivos para la salud y el daño que este genera al medio ambiente, de allí la propuesta de piscinas ecológicas, las cuales son las que eliminan la utilización de compuestos químicos para la desinfección del agua, sin sacrificar la efectividad del proceso, sin embargo, su implementación está marcada a largo plazo, debido a que las tecnologías alternativas a la cloración, aun son objeto de optimización y estudio, además de que su uso está limitado por su alto coste de implementación, mantenimiento y operatividad (Sánchez, Juan; Forcada, 2011).

En Colombia, se realizó un estudio en el municipio de Quibdó, departamento de Chocó, sobre la evaluación ambiental de las piscinas de uso público, en el cual se realizó el análisis

físico- químico y microbiológico de 10 piscinas, para determinar la calidad del agua; en el total de piscinas analizadas se encontró que no cuentan con el personal calificado para el tratamiento del agua, no reciben visitas de funcionarios de salud encargadas de la vigilancia y control; además, por falta de mantenimiento preventivo y correctivo se encuentra fuera de servicio los equipos (bombas y filtros) para el tratamiento del agua; la totalidad de las piscinas presentan contaminación por Coliformes y hongos, esto, corrobora la necesidad de un control por parte de autoridades gubernamentales que protejan la integridad y salud de la población, además del sancionamiento de establecimientos que ofrezcan para uso público piscinas con calidad no apta para la salud humana (Rueda Valoyes et al., 2007).

3.3 Marco de conceptos

Para el entendimiento de la desinfección en piscinas es necesario tener claro algunos conceptos y tecnicismos que definen el proceso de tratamiento del agua, tales como:

- **Purificación del agua**

Es el proceso de eliminación de las impurezas del agua, es decir, sustancias ya sean solidas o liquidas que no pertenezcan al agua, las cuales son mayormente dañinas para él la salud humana (World Health Organization, 2006).

- **Sistema de tratamiento**

Tecnologías y técnicas que trabajan en conjunto para la purificación del agua, consiste principalmente en un sistema de coagulación-floculación; filtración y desinfección (Quirós, 2005).

- **Desinfección del agua**

Es el proceso de eliminación de microorganismos patógenos que están naturalmente en un cuerpo de agua, los cuales son susceptibles de causar enfermedades y por ende ser un peligro para la salud humana, la desinfección busca detener la reproducción de dichos microorganismos garantizando la inocuidad del agua. Este proceso se realiza mediante el adiconamiento de químicos y/o utilización de procesos físicos (Colmenares et al., 2008).

- **Coagulación-floculación**

Tecnologías implementadas para la desestabilización de las partículas coloidales presentes en el agua, su separación y extracción, consiste en un procedimiento de mezcla rápida, adicionando una sustancia coagulante y un procedimiento de mezcla lenta mediante el movimiento del agua para la formación de flocs (conglomerado de partículas sólidas) y la extracción de los subproductos finales (lodos) (Osorno, 2009).

- **Filtración**

Técnica que consiste en el paso del agua por medio de un medio filtrante, mayormente lechos porosos, con el objetivo de retener sólidos e impurezas no deseados en el agua (Colmenares et al., 2008).

- **Cloración**

Técnica de desinfección más utilizada, la cual consiste en la agregación de compuestos clorados al agua, los cuales poseen propiedades microbidas y garantizan la eliminación de microorganismos patógenos (Pérez, 1981; Quirós, 2005).

- **Radiación Ultravioleta**

Es la radiación de ondas electromagnéticas las cuales su longitud de onda están comprendidas entre el rango de los 15 a los 400 nanómetros (nm), esta posee propiedades microbidas en el agua, con el valor agregado de que no genera subproductos, por lo que reduce la contaminación al medio ambiente (Cimetiere & De Laat, 2014).

- **Ozono**

Sustancia gaseosa compuesta por 3 moléculas de oxígeno, se encuentra en forma natural en la estratosfera y cumple con la función de reducir el ingreso de radiación solar nociva para el ser humano; este gas posee propiedades muy oxidantes por lo que es efectivo en la desinfección del agua, garantizando la inocuidad de la misma (Torres, 2012).

- **Calidad del agua**

Se define como la capacidad del agua de responder a la utilidad a la que se someta, directamente para consumo humano, sin arriesgar la salud ni comprometer la integridad del

medio ambiente. La calidad del agua varía y se categoriza de acuerdo al uso, de allí las exigencias de tratamiento de la misma (Agbar, 2016)

- **Salud pública**

Área o disciplina encargada de la responsabilidad de garantizar la salud de la población en general, busca siempre el mejoramiento de las condiciones de salud de la sociedad mediante la evaluación de la misma mediante parámetros estadísticos (Navarra, 2013).

3.4 Marco normativo asociado a piscinas

3.4.1 Organización mundial de la salud – directrices para ambientes recreativos seguros del agua

Volumen 2: piscinas, spas y ambientes recreativos de agua similares. Guía internacional para el manejo y control de aguas de uso recreativo del año 2000; norma internacional que direcciona la evaluación, control y seguimiento de aguas para uso recreativo y similar, algunos países toman estas directrices como línea base para establecer la legislación referente a las piscinas.

- **Constitución nacional de Colombia de 1991**

Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Con respecto a la normativa colombiana, este artículo de la carta magna rige directamente el manejo y control de piscinas de uso público y privado, garantizando la calidad del agua de las mismas.

- **Decreto 3930 de 2010-Usos del agua y vertimientos**

El presente decreto establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. Esta norma, direcciona los usos del agua de acuerdo a una categorización, dependiendo de su uso define los parámetros para su tratamiento y disposición final.

- **Decreto 1575 de 2007- Sistema de vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano**

Dicho decreto influye indirectamente en el agua de uso de piscinas ya que los parámetros que este establece para consumo humano se deben equiparar con los del agua para uso recreativo.

- **Ley 1209 de 2008- Seguridad en piscinas**

Por medio del cual se establecen normas de seguridad en piscinas para proteger la vida de los usuarios de estas, estableciendo los parámetros para la adecuación de las instalaciones para así, evitar accidentes, problemas de salud.

- **Decreto 2171 de 2009- Reglamentación de la seguridad y practicas sanitarias en piscinas**

Por medio del cual se reglamenta la ley 1209 de 2008 y se establecen los estándares de aplicación y parámetros para garantizar las condiciones sanitarias y de seguridad de dicha ley.

- **Resolución 1618 de 2010- Normas de Calidad del agua de estanque**

Establece los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los valores aceptables que debe de cumplir el agua contenida en estanques de piscinas y estructuras similares. En la Tabla 1 se establecen los valores máximos aceptables de las características físicas, químicas y microbiológicas del agua de estanques de piscinas, señalados en la tabla 1, 2 y 4 de la resolución 1618/2010.

Tabla 1 Características físicas, químicas y microbiológicas del agua de estanques de piscinas y estructuras similares

Característica	Expresada como	Valor aceptable
pH	Unidades de pH	7 – 8
Cloro residual libre	Cl ₂	Entre 1 – 3
Cloro combinado	Cl ₂	< 0,3
Coliformes Termotolerantes	Microorganismos o UFC/100cm ³	0
<i>Escherichia coli</i>	Microorganismos o UFC/100cm ³	0

Fuente: Tabla 4. Resolución 1618/2010

- **Resolución 4113 de 2012- Reglamento técnico de instalación de piscinas**

La presente resolución tiene por objeto establecer el reglamento técnico a través del cual se señalen los criterios técnicos mínimos que deben cumplir los dispositivos de seguridad utilizados en las piscinas, con el fin de eliminar los riesgos para la salud y la vida de los bañistas, así como, los criterios y parámetros administrativos que deben observar las autoridades que realizan las acciones de inspección, vigilancia y control a dichos dispositivos en el país.

- **Decreto 554 de 2015- Medidas de seguridad para establecimientos de piscinas**

Tiene como objetivo determinar las medidas de seguridad aplicables a los establecimientos de piscinas de uso colectivo abiertas al público, que deben ser cumplidas por los responsables de las mismas, procurando prevenir y controlar los riesgos que afecten la vida y la salud de las personas.

- **Decreto 0330 de 2017. Reglamento de agua y saneamiento básico**

Desarrolla las normas técnicas necesarias para el uso, disposición del agua, garantizando las condiciones sanitarias necesarias para proteger la salud de la población en general y velando por el cumplimiento de un medio ambiente sano.

3.5 Diagnóstico

3.5.1 Descripción general del sistema de tratamiento del Mega Parque

El Mega Parque Piscilago, se encuentra ubicado en el Km 105 vía Bogotá – Girardot a 5 minutos de Melgar, con un clima promedio de 28°C. Piscilago Colsubsidio es considerado como uno de los parques más visitados del país y reconocidos en Latinoamérica. Es uno de los lugares más importantes de la región, cuenta con 49 atracciones mecánicas, acuáticas y naturales con espacios y programas especialmente diseñados para la conservación de la fauna y la flora y una capacidad para recibir a un número mayor a 10.000 visitantes/día. (<http://piscilago.co/>).

Entre las atracciones existentes en el Mega Parque Piscilago, se cuenta con 16 atracciones acuáticas, entre piscinas y toboganes, para el desarrollo del proyecto, se tendrán en cuenta las 6 piscinas existentes y 4 toboganes que usan una piscina para la llegada de las personas, para un total de 10 piscinas, las cuales serán analizadas.

El Mega Parque cuenta con una planta potabilizadora de agua, la cual se abastece del río Sumapaz, por medio de un lago que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones del parque. La planta potabilizadora está compuesta por un clarificador de manto de lodos, el agua ingresa por una tubería instalada en la parte inferior del reactor, asciende por la tolva y luego sale de la tolva por rebose hasta el vertedero de excesos, el lodo generado se evacúa por medio de dos tuberías, una denominada tubería para lodos pesados y otra para lodos livianos, como se puede apreciar en la Fotografía 1.



Fotografía 1 Planta potabilizadora, tanque clarificador. Autora

El agua clarificada luego se conduce a tres filtros de alta tasa, con un medio filtrante compuesto por antracita, arena y grava, como se muestra en la Fotografía 2.



Fotografía 2 Planta potabilizadora, sistema de filtración de alta tasa. Autora

La dosificación de químicos, se realiza en la tubería de entrada al clarificador en donde se agrega el coagulante en este caso sulfato de aluminio y en las tuberías de retro lavado de los filtros el desinfectante hipoclorito de sodio, como se muestra en la Fotografía 3.



Fotografía 3 Planta potabilizadora, tuberías de suministro de coagulante y cloro. Autora

La planta tiene una capacidad de producción de 11L/s, luego del proceso de tratamiento el agua es conducida a 4 tanques de almacenamiento que se encuentran distribuidos por todo el parque, los cuales tienen una capacidad total de 4100m³, el agua tratada en este sistema es utilizada para todas las actividades propias del Mega Parque, entre restaurantes, zonas administrativas y cada una de las atracciones. En la Figura 2, se presenta el esquema del proceso de tratamiento del sistema de potabilización del Mega Parque.

**PARQUE RECREATIVO Y ZOOLOGICO PISCILAGO
PLANTA DE PRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE**

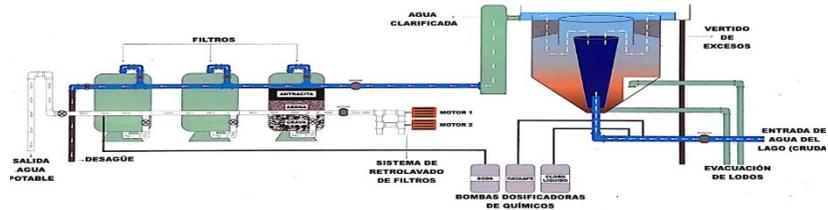


Figura 2 Planta potabilizadora, esquema del proceso de tratamiento

3.5.2 Descripción sistema de tratamiento de las 10 piscinas seleccionadas

3.5.2.1 Piscina Oasis:

3.5.2.1.1 Dimensiones

Esta piscina tiene forma de trapecio en su piscina más grande y la más pequeña es circular, como se aprecia en la Fotografía 4.



Fotografía 4 Piscina Oasis, forma y dimensiones. Autora.

Las dimensiones tanto de la piscina grande como la pequeña se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Dimensiones Piscina Oasis

Piscina Grande Trapecio				Piscina Pequeña Circular			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor	Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Largo mayor	LM	m	34,40	Diámetro	LM	m	10,00
Largo menor	Lm	m	31,10	Profundidad	h	m	0,50
Ancho	A	m	15,80	Perímetro	P	m	31,42
Profundidad mínima	hm	m	1,00	Área	A	m ²	78,54
Profundidad máxima	hM	m	1,13	Volumen	V	m ³	39,27
Profundidad promedio	h	m	1,07				
Perímetro	P	m	97,10				
Área	A	m ²	53,20				
Volumen	V	m ³	56,65				

Fuente: Autora

3.5.2.1.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina Oasis está compuesto de dos motores de 20HP de potencia y una velocidad angular de 1800rpm, un sistema de filtración y un proceso de desinfección, cuenta con un periodo de recirculación de 6 horas, un caudal de 282.60m³/b y un factor de uso de 2.7m²/b, por otro lado, un NMB de 227m²/b por hora de servicio, 5 tomas de succión y una rejilla de fondo, como se muestra en la Fotografía 5.



Fotografía 5 Piscina Oasis, sistema de tratamiento. Autora

El agua de la piscina pasa por una rejilla de fondo que atrapa todos los sólidos ajenos a esta, como cabellos y algunos objetos. Luego de esta rejilla los motores instalados permiten el paso por las 5 tomas de succión, estos motores funcionan uno en el día y otro en la noche, para garantizar el tratamiento de la piscina durante todo el día, (ver Fotografía 6).



Fotografía 6 Piscina Oasis, motor día y noche. Autora

Luego de la succión, el agua pasa por las tuberías que le permiten el ingreso al filtro de arena horizontal, cabe aclarar, que para realizar el retro lavado y el retorno del agua, se realiza el cierre de las válvulas multiport en dichas tuberías y se abre la válvula de desagüe, lo que se puede observar en la Fotografía 7.



Fotografía 7 Piscina Oasis, tuberías de entrada al filtro, retorno y desagüe, y válvulas. Autora

Al llegar al filtro de arena de 1,23m de diámetro, una altura efectiva del lecho filtrante de 0,64m, y un área efectiva de filtración de 1.13 m², se realiza la dosificación de sulfato de aluminio por medio de los inyectores, que cuentan con una bomba marca pulsar de diámetro de 1 ½", de 075HP de potencia, 3560rpm de velocidad angular, como se muestra en la Fotografía 8.



Fotografía 8 Piscina Oasis, filtro de arena horizontal. Autora

Por último, igual que para la dosificación del coagulante, los inyectores ayudan a dosificar el compuesto de desinfección, en esta piscina para la desinfección se utiliza Ozono (Fotografía 9) y una porción mínima de Cloro, para no perder el Cloro residual.



Fotografía 9 Piscina Oasis, equipo de desinfección por ozono. Autora.

En general, el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Oasis

Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y Lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamiento químico	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.2 Piscina El Mirador

3.5.2.2.1 Dimensiones

Esta piscina tiene una forma irregular de trapecio más un círculo, como se aprecia en la Fotografía 10.



Fotografía 10 Piscina Mirador, forma y dimensiones. Autora

Las dimensiones de la piscina Mirador se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4 Dimensiones Piscina Mirador

Dimensiones			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Largo mayor	LM	m	37,10
Largo menor	Lm	m	33,10
Ancho	A	m	11,70
Profundidad mínima	hm	m	0,75
Profundidad máxima	hM	m	1,35
Profundidad promedio	h	m	1,05
Perímetro	P	m	93,50
Área	A	m ²	54,23
Volumen	V	m ³	56,94

Fuente. Autora

3.5.2.2.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina El Mirador, está compuesta por dos motores de 20 HP de potencia y una velocidad angular de 1800rpm, un sistema de filtración y un proceso de desinfección. Esta cuenta con un período de recirculación de 6 horas, un caudal de 157.70m³/b y un factor de uso de 2.7m²/b, por otro lado, un NMB de 238m²/b por hora de servicio, 4 tomas de succión, 17 inyectores, 12 desnatadores y 2 rejillas de fondo, como se muestra en la Fotografía 11.



Fotografía 11 Piscina El Mirador, sistema de tratamiento. Autora.

El sistema de tratamiento de la piscina El Mirador (Ver Fotografía 12) funciona de forma similar a la piscina Oasis, el agua de la piscina pasa por dos rejillas de fondo, de allí el agua es succionada por medio del motor de succión de diámetro de 6", la cual envía el agua a las tuberías en donde se encuentran los desnatadores, los cuales cumplen la función de eliminar las grasas y basuras del espejo superficial del agua.



Fotografía 12 Piscina El Mirador, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche. Autora

Luego el agua pasa al filtro de arena horizontal, la cual tiene un diámetro de 1.23m, una altura efectiva del lecho de 0.64m y un área efectiva de filtración de 1.13m², en el filtro se hace la dosificación tanto del sulfato de aluminio como de ozono para el proceso de desinfección y mínimo de cloro para no perder el cloro residual, estas dosificaciones, se realizaron por medio de los inyectores que cuentan con una bomba pulsar de 075HP de potencia, una velocidad angular de 3560rpm y un diámetro de la bomba de 1 ½", como se muestra en la Fotografía 13.



Fotografía 13 Piscina El Mirador, filtro de arena horizontal y equipo de ozono, Autora.

En general el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina El Mirador

Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamiento químico	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.3 Piscina El Manantial

3.5.2.3.1 Dimensiones

Esta piscina tiene una forma irregular de trapecio, como se aprecia en la Fotografía 14.



Fotografía 14 Piscina El Manantial, forma y dimensiones. Autora

Las dimensiones de la piscina El Manantial, se presenta en la Tabla 6:

Tabla 6 Dimensiones Piscina El Manantial

Dimensiones			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Largo mayor	LM	m	34,70
Largo menor	Lm	m	28,20
Ancho	A	m	13,60
Profundidad mínima	hm	m	0,90
Profundidad máxima	hM	m	1,30
Profundidad promedio	h	m	1,10
Perímetro	P	m	93,50
Área	A	m ²	50,11
Volumen	V	m ³	55,12

Fuente. Autora

3.5.2.3.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina El Manantial está compuesta por dos motores para la piscina general y un motor para la cascada de 20 HP de potencia, una velocidad angular de 1800rpm, un sistema de filtración y un proceso de desinfección, cuenta con un período de recirculación de 6 horas, un caudal de 254.82m³/b y un factor de uso de 2.7m²/b, por

otro lado, un NMB de 212m²/b por hora de servicio, 4 tomas de succión, 13 inyectores, 12 desnatadores y 1 rejilla de fondo, como se muestra en la Fotografía 15.



Fotografía 15 Piscina El Manantial, sistema de tratamiento. Autora.

El sistema de tratamiento de la piscina El Manantial cuenta con tres motobombas, una para el agua de la cascada y dos el agua de la piscina, el agua de la piscina pasa por una rejilla de fondo, de allí el agua es succionada por medio del motor de succión de diámetro de 6", la cual envía el agua a las tuberías en donde se encuentran los desnatadores.



Fotografía 16 Piscina El Manantial, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche y motor cascada. Autora

Luego el agua pasa el sistema de filtración, que está compuesto por dos filtros de arena vertical, los cuales tienen un diámetro de 1.20m, una altura efectiva del lecho de 0.64m y un área efectiva de filtración de 1.90m², en el filtro se hace la dosificación tanto del sulfato de aluminio como de ozono para el proceso de desinfección (Fotografía 17) y un mínimo de cloro (Fotografía 18) para no perder el cloro residual, estas dosificaciones, se realizaron por medio de los inyectores que cuentan con una bomba pulsar de 075HP de potencia, una velocidad angular de 3560rpm y un diámetro de la bomba de 1 ½”.



Fotografía 17 Piscina El Manantial, filtro de arena vertical y equipo de ozono, Autora.



Fotografía 18 Piscina El Manantial, dosificación cloro. Autora

En general el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina El Manantial

Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y Lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamientos químicos	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.4 Piscina Parque acuático infantil

3.5.2.4.1 Dimensiones

Esta piscina tiene una forma irregular de ovalo, como se aprecia en la Fotografía 19.



Fotografía 19 Piscina Parque Acuático Infantil, forma y dimensiones. Autora

Las dimensiones de la piscina Parque Acuático Infantil se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8 Dimensiones Piscina Parque Acuático Infantil

Dimensiones			
Parámetro	Variable	Unidad	Valor
Largo	L	m	28,80
Ancho	A	m	18,80
Profundidad mínima	hm	m	0,30
Profundidad máxima	hM	m	0,50
Profundidad promedio	h	m	0,40
Perímetro	P	m	95,20
Área	A	m ²	541,44
Volumen	V	m ³	216,58

Fuente. Autora

3.5.2.4.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina Parque Acuático infantil está compuesta por dos motores para la piscina general de 20HP de potencia, con puntos de inyección y de succión de 6" y una velocidad angular de 1800rpm, así como de dos motores para cada castillo existente en la piscina, para el pequeño de 20 HP de potencia, con puntos de inyección y succión de 6" y una velocidad angular de 1750rpm y para el grande de 40HP de potencia, con puntos de inyección y succión de 8" y una velocidad angular de 1758rpm, y una motobomba para los hongos existentes en la piscina de 10HP de potencia, con puntos de inyección y succión de 4" y una velocidad angular de 1750rpm, un sistema de filtración y un proceso de desinfección, cuenta con un período de recirculación de 6 horas, un caudal de 44.3m³/b y un factor de uso de 2.2m²/b, por otro lado, un NMB de 103.1m²/b por hora de servicio, 8 tomas de succión, 13 inyectores, una rejilla perimetral y 3 rejillas de fondo, como se muestra en la Fotografía 20.



Fotografía 20 Piscina Parque Acuático Infantil, sistema de tratamiento. Autora.

El sistema de tratamiento de la piscina Parque Acuático infantil cuenta con cinco motobombas, el agua de la piscina pasa por una rejilla de fondo, de allí el agua es succionada por medio del motor de succión de diámetro de 6", la cual envía el agua a las tuberías en donde se encuentra la rejilla perimetral, como se muestra en la Fotografía 21.



Fotografía 21 Piscina Parque Acuático infantil, tuberías de succión, desnatadores y motor día y noche y motor castillos y hongos. Autora

Luego el agua pasa al sistema de filtración, que está compuesto por dos filtros de arena vertical, los cuales tienen un diámetro de 1.55m, una altura efectiva del lecho de 0.60m y un área efectiva de filtración de 1.94m², en el filtro se hace la dosificación tanto del sulfato de aluminio como de cloro para el proceso de desinfección, se realizaron por medio de los inyectores que cuentan con una bomba pulsar de 075HP de potencia, una velocidad angular de 3560rpm y un diámetro de la bomba de 1 ½”, como se muestra en la Fotografía 22.



Fotografía 22 Piscina Parque Acuático infantil, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.

En general el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Parque Acuático infantil

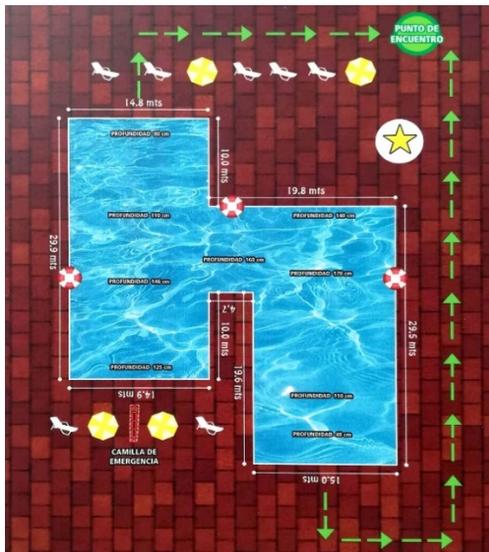
Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y Lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamientos químicos	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.5 Piscina Las Fuentes

3.5.2.5.1 Dimensiones

Esta piscina está conformada por tres rectángulos, como se aprecia en la Fotografía 23.



Fotografía 23 Piscina Las Fuentes, forma y dimensiones. Autora

Las dimensiones de la piscina Las Fuentes se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10 Dimensiones Piscina Las Fuentes

Dimensiones						
Parámetro	Variable	Unidad	1er rectángulo	2do rectángulo	3er rectángulo	Total
Largo	L	m	29,90	29,50	9,90	-
Ancho	A	m	14,90	15,00	4,70	
Profundidad mínima	hm	m	0,80	0,40	1,60	
Profundidad máxima	hM	m	1,46	1,70	1,60	
Profundidad promedio	h	m	1,13	1,05	1,60	
Perímetro	P	m	89,60	89,00	29,20	207,80
Área	A	m ²	445,51	442,50	46,53	934,54
Volumen	V	m ³	503,43	464,63	74,45	1042,50

Fuente. Autora

3.5.2.5.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina Las Fuentes está compuesta por dos motores de 20HP de potencia y una velocidad angular de 1800rpm, un sistema de filtración y un proceso

de desinfección con cloro, cuenta con un período de recirculación de 6 horas, un caudal de 416.30m³/b y un factor de uso de 2.7m²/b, por otro lado, un NMB de 347m²/b por hora de servicio, 10 desnatadores y 2 rejillas de fondo, como se muestra en la Fotografía 24.



Fotografía 24 Piscina Las Fuentes, sistema de tratamiento. Autora.

El sistema de tratamiento de la piscina Las Fuentes cuenta con dos motobombas (Fotografía 25), el agua de la piscina pasa por una rejilla de fondo, de allí el agua es succionada por medio del motor de succión de diámetro de 6", la cual envía el agua a las tuberías en donde se encuentra la el desnatador, así mismo realiza el aspirado para eliminar todos los sólidos de gran tamaño.



Fotografía 25 Piscina Las Fuentes, tuberías de aspirado, desnatadores y de fondo y motor día y noche. Autora

Luego el agua pasa al sistema de filtración, que está compuesto por un filtro de arena horizontal, con un diámetro de 1.60m, en el filtro se hace la dosificación tanto del sulfato de aluminio como de cloro para el proceso de desinfección, como se muestra en la Fotografía 26.



Fotografía 26 Piscina Las Fuentes, filtro de arena horizontal y equipo de cloración, Autora.

En general el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina Las Fuentes

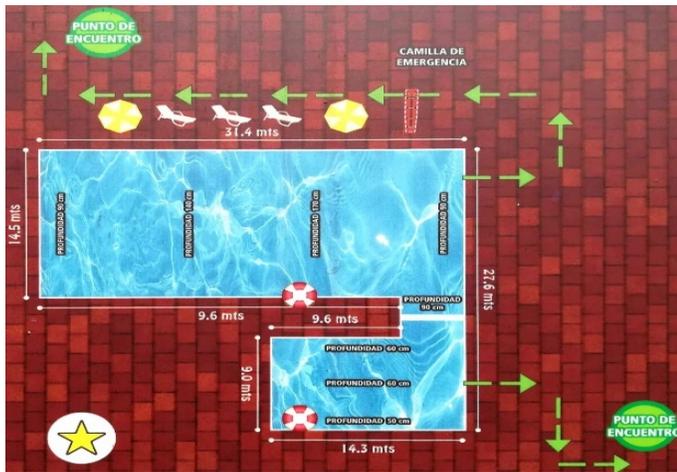
Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y Lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamientos químicos	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.6 Piscina La Cascada

3.5.2.6.1 Dimensiones

Esta piscina está conformada por tres rectángulos, como se aprecia en la Fotografía 27.



Fotografía 27 Piscina La Cascada, forma y dimensiones. Autora

Las dimensiones de la piscina La Cascada se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12 Dimensiones Piscina La Cascada

Parámetro	Variable	Unidad	Dimensiones			Total
			1er rectángulo	2do rectángulo	3er rectángulo	
Largo	L	m	31,40	14,30	4,70	-
Ancho	A	m	14,50	9,00	4,10	
Profundidad mínima	hm	m	0,90	0,50	0,90	
Profundidad máxima	hM	m	1,70	0,60	0,90	
Profundidad promedio	h	m	1,30	0,55	0,90	
Perímetro	P	m	91,80	46,60	17,60	
Área	A	m ²	455,30	128,70	19,27	603,27
Volumen	V	m ³	591,89	70,79	17,34	680,02

Fuente. Autora

3.5.2.6.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento de la piscina La Cascada está compuesta por dos motores para la piscina general y un motor para la cascada de 20HP de potencia y una velocidad angular de 1800rpm cada una, un sistema de filtración y un proceso de desinfección con cloro, cuenta con un período de recirculación de 6 horas, un caudal de 268m³/b y un factor de uso

de 2.2m²/b, por otro lado, un NMB de 274m²/b por hora de servicio, 11 inyectores, 5 tomas de succión, 9 desnatadores y 1 rejilla de fondo, como se muestra en la Fotografía 28.



Fotografía 28 Piscina La Cascada, sistema de tratamiento. Autora.

El sistema de tratamiento de la piscina La Cascada utiliza dos motobombas, que permite el sistema de retorno, el agua de la piscina pasa inicialmente por una rejilla de fondo, de allí el agua es succionada por medio de la toma de succión de diámetro de 6", la cual envía el agua a las tuberías en donde se encuentra el desnatador (Fotografía 29).



Fotografía 29 Piscina La Cascada, motor día y noche y motor cascada. Autora

Luego el agua pasa al sistema de filtración, que está compuesto por un filtro de arena horizontal, en el cual se hace la dosificación tanto del sulfato de aluminio como de cloro

para el proceso de desinfección, se realizaron por medio de los inyectores que cuentan con una bomba pulsar de 075HP de potencia, una velocidad angular de 3560rpm y un diámetro de la bomba de 1 ½”, como se muestra en la Fotografía 30.



Fotografía 30 Piscina La Cascada, filtro de arena horizontal y equipo de cloración, Autora.

En general el sistema tiene una presión de trabajo de 20psi, un caudal nominal de trabajo de 400gpm y una presión de retro lavado de 10psi. Cuentan con un equipamiento y ciertos controles tanto de operaciones como de calidad, los cuales se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13 Lista que chequeo de los equipos o controles. Piscina La Cascada

Equipo o Control	SI	NO
Manómetro	X	
Fluxómetro		X
Instructivo de manejo	X	
Libro de registro	X	
Reglamento de uso	X	
Instalaciones sanitarias	X	
Teléfono o citófono		X
Botiquín de primeros auxilios	X	
Flotadores circulares	X	
Gancho pastor	X	
Señales de profundidad	X	
Duchas y Lavapiés	X	
Frecuencia de limpieza	X	
Desinfección instalaciones	X	
Almacenamientos químicos	X	
Reglamento de régimen interno	X	

Fuente. Autora

3.5.2.7 Tobogán Onda Extrema

3.5.2.7.1 Dimensiones

Está compuesto por un tobogán con una longitud de 120m, por el cual, se realiza el lanzamiento por medio de flotadores de máximo 4 personas con un peso máximo de 320Kg, en el tobogán se encuentran dos túneles con dos curvas, la primera curva a la izquierda de 90° la sigue una pequeña recta y luego una curva en U, para luego encontrar una caída en forma de ola de 45° alcanzando una velocidad de caída de 55km/h, como se muestra en la Fotografía 31.



Fotografía 31 Tobogán Onda Extrema, forma y dimensiones. Autora

3.5.2.7.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento del tobogán Onda Extrema cuenta con dos motores de rotación de filtrado de 30HP marca SIEMENS con dos bombas de rotación marca NURICPOOL, su fuente de alimentación es eléctrica, como se muestra en la Fotografía 32.



Fotografía 32 Tobogán Onda Extrema, motor día y noche y motores tobogán. Autora

Funciona de manera automática o temporizada, de forma mecánica el agua del tanque pasa por los filtros dejando las partículas en suspensión arrojadas por los usuarios y otros agentes externos de la misma en un tiempo mínimo de 4 horas. Adicionalmente, se realiza el tratamiento físico – químico para estabilizar el pH y dureza del agua. La desinfección se realiza por medio de rayos UV (Fotografía 33).



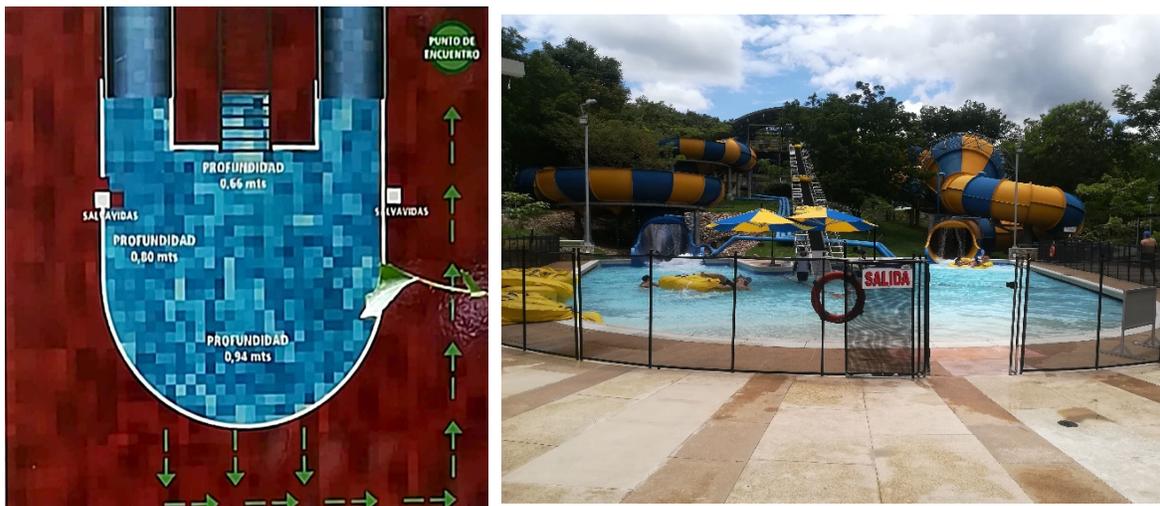
Fotografía 33 Tobogán Onda Extrema, filtro de arena horizontal y equipo de desinfección – Rayos UV, Autora.

Este tobogán moviliza aproximadamente 12 personas/min, 720 personas/hora, en temporada baja se requieren 6 auxiliares para su funcionamiento, mientras que para temporada alta se requieren 8 auxiliares.

3.5.2.8 Tobogán Piscihuracanes

3.5.2.8.1 Dimensiones

Está compuesta por dos toboganes, el tantrum que tiene una longitud de 110m y el bowling con 125m, el lanzamiento se realiza con flotadores que pueden ser utilizados máximo por 4 personas, en el bowling se encuentran dos giros de 360° con sus respectivas caídas y en el tantrum con una caída de 2m aproximadamente al primer embudo con un ángulo de inclinación de 45°, llegando al segundo embudo se encuentra una caída de 1,80m con un ángulo de inclinación del embudo de 45°, terminando en un túnel de 360° que llega a la piscina de la atracción, como se muestra en la Fotografía 34.



Fotografía 34 Tobogán Piscihuracanes, forma y dimensiones. Autora

3.5.2.8.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento del tobogán Piscihuracanes cuenta con un cuarto de máquinas con un sistema de filtración mecánico compuesto por cuatro filtros, cinco motores de rotación para el funcionamiento del tobogán, como se aprecia en la Fotografía 35.



Fotografía 35 Tobogán Piscihuracanes, motor día y noche y motores tobogán. Autora

El agua es conducida a través de tuberías en PVC a la torre de lanzamiento por siete motores con sus respectivas bombas de impulsión, uno de 200HP el cual permite el fluido de agua por el tobogán y otro motor de 75HP el cual permite disminuir la velocidad en más de 4 puntos durante el trayecto del tobogán, simulando un sistema de frenado, en la Fotografía 36 se muestra el sistema de tratamiento por medio de filtración del tobogán Piscihuracanes.



Fotografía 36 Tobogán Piscihuracanes, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.

Cinco motores de rotación de filtrado de 10HP marca SIEMENS con dos bombas de rotación marca NURICPOOLM su fuente de alimentación es eléctrica, su funcionamiento es automática o temporizada (Fotografía 37), de forma mecánica el agua del tanque pasa

por los filtros dejando las partículas en suspensión arrojadas por los usuarios y otros agentes externos de la misma en un tiempo mínimo de 4 horas. Adicionalmente se realiza tratamiento físico – químico para estabilizar el pH y dureza del agua. Motores principales marca BALDOR y WEG entre 100, 40, 25, 80 y 50HP con bombas marca GRISWOLD PUMP CO y BERKELEY PUMPS.

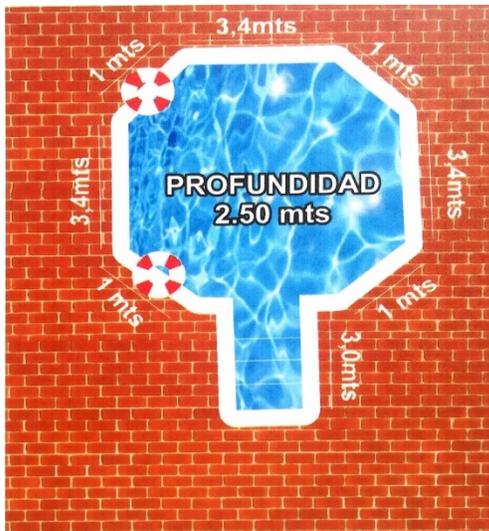


Fotografía 37 Tobogán Piscihuracanes, tablero de control. Autora

3.5.2.9 Tobogán Piscitornado

3.5.2.9.1 Dimensiones

Es un tobogán con forma de embudo, En 4 segundos y a una velocidad de 40Km/h desde una altura de 12 metros cayendo a una piscina de 2,20m de profundidad, como se muestra en la Fotografía 38.



Fotografía 38 Tobogán Piscitornado, forma y dimensiones. Autora

3.5.2.9.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento del tobogán Piscitornado cuenta con dos motores de rotación de filtrado de 10HP marca SIEMENS con dos bombas rotación marca HERBERT nowa 100 – 200 (Fotografía 39), su fuente de alimentación es eléctrica y su funcionamiento es automático o temporizado, de forma mecánica el agua de la piscina pasa por los filtros dejando las partículas en suspensión arrojadas por los usuarios, y otros agentes externos de la misma en un tiempo mínimo de 4 horas.



Fotografía 39 Tobogán Piscitornado, sistema de tratamiento. Autora

Adicionalmente se realiza el tratamiento físico – químico para estabilizar el pH y dureza del agua (Fotografía 40), el motor principal marca BALDOR de 100HP con bomba marca BERKELEY y bomba de achique marca B.S.H. permiten el fluido de agua dentro del tobogán.



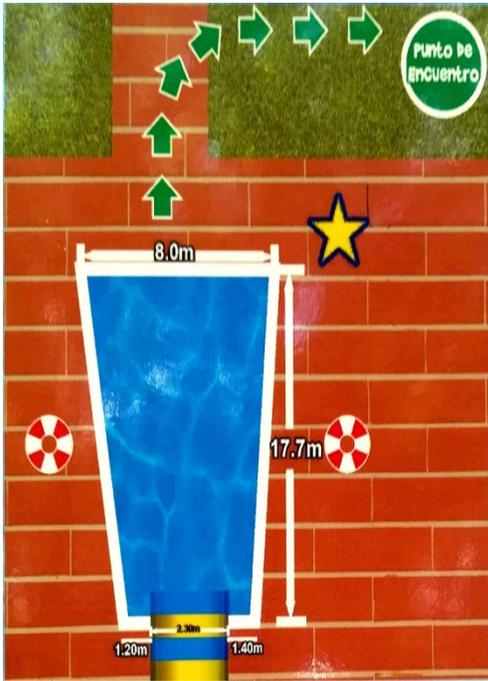
Fotografía 40 Tobogán Piscitornado, equipo de cloración, Autora.

Este tobogán moviliza aproximadamente 5 personas/min, 300 personas/hora, en temporada baja se requieren 3 auxiliares para su funcionamiento, mientras que para temporada alta se requieren 4 auxiliares.

3.5.2.10 Tobogán Megatobogán

3.5.2.10.1 Dimensiones

Tobogán con un canal de 504m de longitud y 3m de ancho, tiene 27 curvas y 3 túneles, impulsa 8000 galones de agua por minuto, el lanzamiento se realiza con flotadores (Donas dobles) que pueden ser utilizadas máxima 2 personas, el tiempo aproximado de recorrido es de 120 a 150 segundos, la piscina de llegada es de 50m², como se muestra en la Fotografía 41.



Fotografía 41 Tobogán Megatobogán, forma y dimensiones. Autora

3.5.2.10.2 Tratamiento

El sistema de tratamiento del tobogán Megatobogán cuenta con un cuarto de máquinas con un sistema de filtración mecánico compuesto por dos motores de rotación, como se aprecia en la Fotografía 42.



Fotografía 42 Tobogán Megatobogán, sistema de tratamiento, motor día y noche. Autora

Para el funcionamiento del tobogán el agua es conducida a través de tuberías en PVC (Fotografía 43) a la torre de lanzamiento por dos motores con sus respectivas bombas de impulsión, uno de 200HP el cual permite el fluido de agua por el tobogán y otro motor de 75HP el cual permite disminuir la velocidad en más de 4 puntos durante el trayecto del tobogán, simulando un sistema de frenado.



Fotografía 43 Tobogán Megatobogán, filtro de arena vertical y equipo de cloración, Autora.

Este tobogán moviliza aproximadamente 6 personas/min, 360 personas/hora, en temporada baja se requieren 4 - 5 auxiliares para su funcionamiento, mientras que para temporada alta se requieren 5 - 7 auxiliares.



Fotografía 44 Tobogán Megatobogán, tablero de control. Autora

4 Metodología

La presente investigación consiste en el análisis fisicoquímico y microbiológico de 10 atracciones acuáticas, en primera medida se toman dos muestras de agua por sitio, en diferentes fechas, la primera en julio de 2018, la segunda en septiembre de 2018 (temporada alta y baja respectivamente); esto, con el objetivo de comparar las características del agua con un alto y bajo flujo de personas(Díaz-Solano et al., 2011), adicionalmente, se recopilaron los datos históricos desde el mes de agosto de 2016 hasta el mes de diciembre de 2017, tomados por el Mega Parque (monitoreo mensual), con el fin de aumentar la veracidad del resultado.

La selección de los puntos de muestreo, se realizó teniendo en cuenta las atracciones acuáticas más frecuentadas, los usuarios por día y el método de desinfección del agua, de un total de 16, se eligieron 6 piscinas de uso público y 4 piscinas con tobogán.

Los parámetros fisicoquímicos determinados (pH, Temperatura, Cloro Residual, Cloro Combinado y Turbiedad), se realizaron mediante pruebas in situ usando un kit portátil de test de cloro y un medidor de pH, y los microbiológicos (Coliformes Totales y Ecoli), mediante pruebas de laboratorio en las instalaciones de la empresa ACUAGYR S.A E.S.P.

Finalmente, se realizó una comparación de la eficiencia de desinfección entre cada uno de los sistemas de tratamiento y el cumplimiento de la norma vigente (Resolución 1618 de 2010), con base en los resultados obtenidos.

4.1 Método adoptado características físicas y químicas

Según la Resolución 1618 de 2010, se definieron los análisis físicos y químicos como los análisis de diagnósticos realizados a una muestra de agua contenida en estanques de piscinas y estructuras similares para evaluar las características físicas, químicas o ambas.

En este caso, los muestreos se realizaron in situ con el kit portátil de test de cloro y pH, como se muestra en la Fotografía 45.



Fotografía 45 Muestreo Kit portátil test de Cloro y pH

Se determinaron estos parámetros para cada una de las diez (10) piscinas objeto de estudio (Fotografía 46).



Fotografía 46 Determinación de pH, Cloro Libre y cloraminas

Por otro lado, se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la turbidez, para esto se tomaron las muestras en cada una de las piscinas y se llevaron al laboratorio del Mega Parque para su posterior determinación, en la Fotografía 47 se muestra este análisis.



Fotografía 47 Análisis de laboratorio, determinación de turbidez

4.2 Método adoptado características microbiológicas

4.2.1 Técnica de laboratorio

De acuerdo a la guía metodológica “*Determinación de Coliformes totales y E. Coli de aguas mediante la técnica de sustrato definido, colilert por el método de Numero Más Probable*”, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales- Subdirección de Hidrología – Grupo de laboratorio de Calidad Ambiental, el análisis realizado por medio de la técnica de sustrato definido, se describe a continuación.

4.2.1.1 Toma y preservación de muestra:

La muestra debe ser almacenada en una botella de vidrio esterilizable con capacidad no menor a 100mL, se debe tomar la muestra directamente sin realizar purga del recipiente, teniendo la precaución de dejar una cámara de aire dentro de él y que el recipiente como su tapa no debe tocar ninguna superficie contaminada, se tapa y se coloca el material

protector (papel) ajustado con la pita y luego se refrigera antes de ser llevada el laboratorio, para conservar la muestra, como se aprecia en la Fotografía 48.



Fotografía 48 Toma de muestra microbiológica

Los frascos deben estar previamente neutralizados, por medio de un agente reductor, en este caso tiosulfato de sodio, este es un buen agente declarante, neutraliza todos los residuos e impide la acción bactericida durante el transporte de la muestra.

Todos los frascos deben ser marcados con los siguientes datos (Fotografía 49).

- Lugar de muestreo.
- Nombre de la piscina.
- Fecha de la toma de muestra.
- Hora de la toma de muestra.
- Tipo de muestra.



Fotografía 49 Frasco de muestra con los respectivos datos. Autora

Después de ser recolectadas las muestras estas deben ser refrigeradas a una temperatura entre 2 a 10°C para conservarlas y reducir al mínimo la posibilidad de cambio durante el almacenamiento y el transporte.

4.2.1.2 Procedimiento

El análisis de laboratorio, se realizó por medio de la prueba de Enzima – sustrato definido, la cual se fundamenta en la actividad enzimática de los Coliformes totales y los Coliformes fecales (E. Coli), mediante pruebas de laboratorio en las instalaciones de la empresa ACUAGYR S.A E.S.P.

5 RESULTADOS Y CONTRIBUCIONES

5.1.1.1 Datos históricos caracterización de aguas

El Mega Parque Piscilago, realiza caracterizaciones de aguas en las piscinas cada mes, como lo establece la frecuencia mínima de la que se habla en la Resolución 1618 de 2010; para el presente proyecto, se tuvieron en cuenta los resultados de las caracterizaciones desde el mes de agosto de 2016 hasta el mes de diciembre de 2017, en donde se determinó el cumplimiento de cada uno de los parámetros con respecto al rango máximo establecido por la norma, para cada una de las piscinas, durante todos los meses de muestreo.

Tabla 14 Porcentaje de cumplimiento de los parámetros de calidad de agua por piscina

Piscina	Cumplimiento																	
	Turbiedad			pH			Cloro residual			Cloro Combinado			Coliformes totales			E- Coli		
	No (%)	Si (%)	N	No (%)	Si (%)	N	No (%)	Si (%)	N	No (%)	Si (%)	N	No (%)	Si (%)	N	No (%)	Si (%)	N
Oasis	11,1%	88,9%	9	0,0%	100,0%	16	31,3%	68,8%	16	25,0%	75,0%	16	0,0%	100,0%	16	0,0%	100,0%	16
El Manantial	0,0%	100,0%	8	0,0%	100,0%	15	13,0%	87,0%	15	60,0%	40,0%	15	6,7%	93,3%	15	0,0%	100,0%	14
El Mirador	0,0%	100,0%	9	0,0%	100,0%	15	13,0%	87,0%	15	66,7%	33,3%	15	0,0%	100,0%	15	0,0%	100,0%	15
La Cascada	0,0%	100,0%	9	0,0%	100,0%	16	20,0%	80,0%	16	75,0%	25,0%	16	12,5%	87,5%	16	0,0%	100,0%	16
Las Fuentes	11,1%	88,9%	9	0,0%	100,0%	16	6,3%	93,8%	16	75,0%	25,0%	16	6,3%	93,8%	16	6,3%	93,8%	16
Megatobogán	11,1%	88,9%	9	6,3%	93,8%	16	31,3%	68,8%	16	93,8%	6,3%	16	12,5%	87,5%	16	0,0%	100,0%	16
Parque acuático infantil	22,2%	77,8%	9	6,3%	93,8%	16	18,8%	81,3%	16	93,8%	6,3%	16	12,5%	87,5%	16	0,0%	100,0%	16
Tobogán Pscihuracanes	11,1%	88,9%	9	0,0%	100,0%	16	12,5%	87,5%	16	75,0%	25,0%	16	6,3%	93,8%	16	0,0%	100,0%	16
Tobogán Piscitornado	0,0%	100,0%	8	0,0%	100,0%	15	40,0%	60,0%	15	93,3%	6,7%	15	0,0%	100,0%	15	0,0%	100,0%	15
Tobogán Onda Extrema	0,0%	100,0%	3	0,0%	100,0%	3	33,3%	66,7%	3	33,3%	66,7%	3	0,0%	100,0%	3	0,0%	100,0%	3

Fuente: Autora

En la Tabla 14, se evidencia que de todos los datos monitoreados (N=144) el 1,39% no cumplió con el pH, el 20,83% no cumplió con cloro residual, el 72,22 % no cumplió con cloro combinado, el 6,25 % no cumplió con Coliformes totales. y el 0,69 % no cumplió *E. Coli*, y en el caso de turbidez para los datos monitoreados (N=82) el 7,32% no cumplió con el parámetro.

Por otro lado, se realiza el análisis del cumplimiento global de cada uno de los parámetros del total de los muestreos realizados por el Mega Parque, en donde evidencia que el Cloro Combinado es el que presenta menor cumplimiento de la norma con un 72,2%, seguido por el Cloro Residual con un 20,8%, como se muestra en la Tabla 15. En el anexo análisis estadístico se pueden observar la totalidad de los datos históricos.

Tabla 15 Porcentaje global de cumplimiento de los parámetros de calidad de agua

Parámetro	Cumplimiento (%)		
	Si	No	N
Turbiedad	92,7%	7,3%	82
pH	98,6%	1,4%	144
Cloro residual	79,2%	20,8%	144
Cloro combinado	27,8%	72,2%	144
Coliformes totales	93,8%	6,3%	144
E. Coli	99,3%	0,7%	144

Fuente: Autora

Por otro lado, se realizó un promedio entre los meses que se consideran temporada baja (agosto, septiembre, octubre y noviembre de 2016 y febrero, marzo, abril, mayo, agosto, septiembre y noviembre de 2017), como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – Promedio Temporada baja

Piscina	Parámetros Físicoquímicos					Parámetros microbiológicos		Tratamiento desinfección
	pH	Temperatura (°C)	Cloro Residual	Cloro Combinado	Turbiedad	Coliformes Totales (UFC/100cm ³)	E. Coli (UFC/100cm ³)	
Oasis	7,45	31,1	2,1	0,4	0,5	0	0	Ozono
El Mirador	6,82	28,7	2,4	0,4	0,7	0	0	
El Manantial	7,60	28,1	1,6	0,9	0,8	1	0	
Parque Acuático Infantil	7,85	29,1	2,2	0,7	1,5	1	0	Cloro
Las Fuentes	7,40	31,3	1,9	0,5	0,8	0	0	
La Cascada	7,55	32,1	4,1	0,4	1,2	2	0	
Tobogán Piscihuracanes	7,85	30,1	1,9	0,6	3,1	1	0	
Tobogán Piscitornado	7,88	28,5	3,3	0,8	0,9	0	0	
Megatobogán	7,92	30,7	2,9	0,7	1,0	0	0	Rayos UV
Tobogán Onda Extrema	7,60	29,0	2,7	0,2	0,5	0	0	

Fuente. Mega Parque Piscilago

En la Figura 3, se presenta la gráfica del comportamiento de pH de los datos históricos tomados por el Mega Parque, en dónde se muestra que al hacer la comparación con el rango mínimo y máximo de los valores permisibles de pH según la Resolución 1618/2010, solamente la piscina El Mirador presenta un valor por debajo del límite.

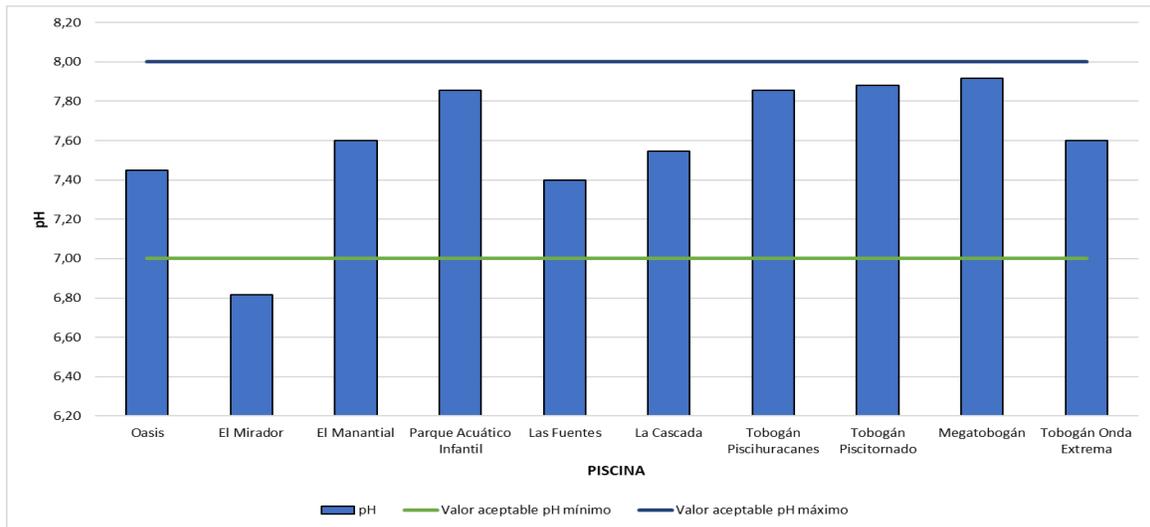


Figura 3 Comportamiento del pH de datos históricos – temporada baja. Autora.

Por otro lado, se determina la turbidez, la cual se evidencia que en la piscina “Tobogán Pscihuracanes” está por encima del rango establecido de 2UNT, registrando un valor de 3.15 UNT, como se muestra en la Figura 4.

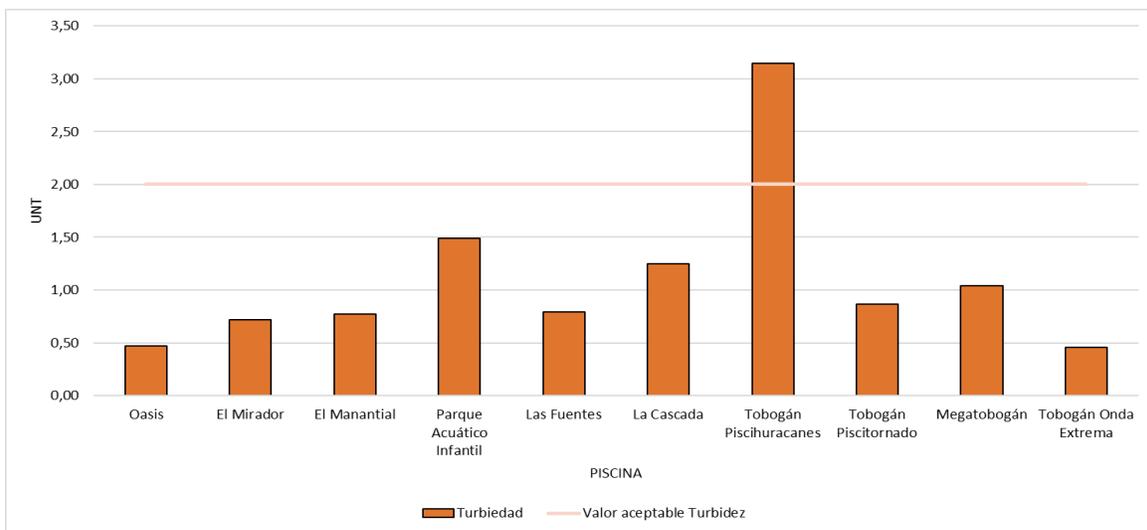


Figura 4 Comportamiento de la turbidez de datos históricos – temporada baja. Autora.

Otro de los parámetros fisicoquímicos que se tienen en cuenta para la determinación de la eficiencia de desinfección es el Cloro Total y combinado, los cuales permiten generar una desinfección gradual por el efecto residual. A continuación, se evidencia que en las piscinas “La Cascada” y “Tobogán Piscitornado” se encuentran por encima del rango máximo permisible, como se aprecia en la Figura 5.

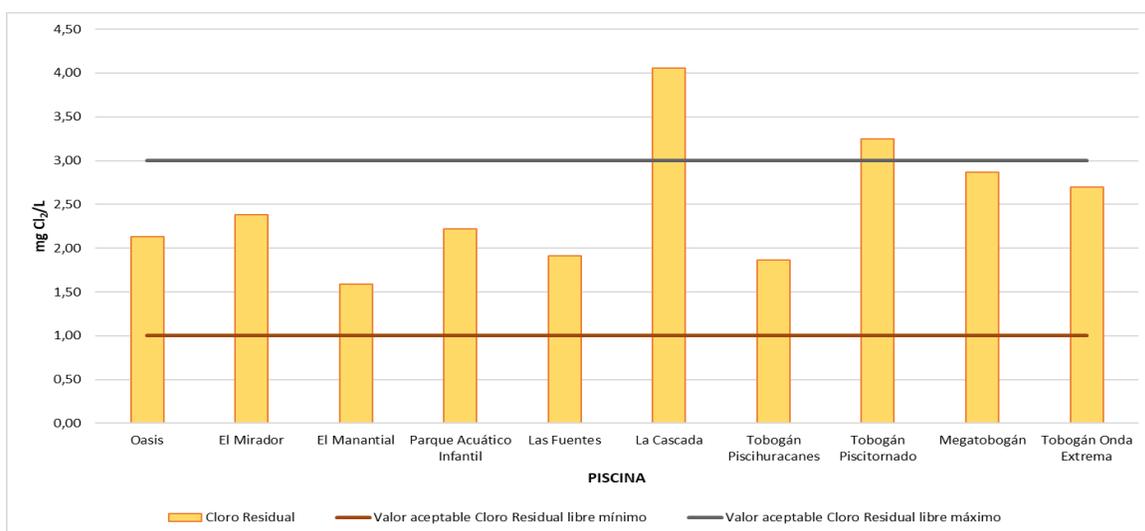


Figura 5 Comportamiento del Cloro residual datos históricos – temporada baja. Autora.

Así mismo, se presenta el análisis del cloro combinado (Figura 6), en el cual se evidencia que solamente la piscina “Tobogán Onda extrema” cumple con el valor permisible límite definido por la norma para no afectar a la salud humana, no cumpliendo en la mayoría de las piscinas.

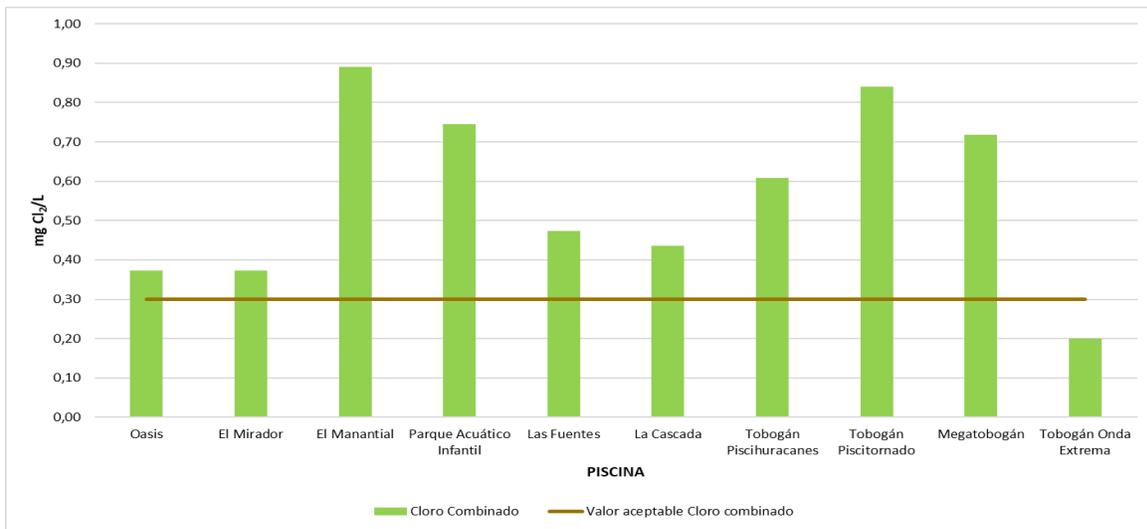


Figura 6 Comportamiento cloro combinado datos históricos – temporada baja. Autora.

En cuanto a los parámetros microbiológicos, se tuvo en cuenta los Coliformes Totales y Ecoli, comparados con los parámetros de cloro residual, para de esta manera determinar en que afecta la dosis de Cloro en eliminación de patógenos.

De acuerdo a la comparación que se muestra en la Figura 7, se evidencia que en la piscina “La Cascada” en donde se cuenta con una concentración de Cloro residual por encima del límite permisible se presentan niveles no aceptables de Coliformes Totales, en cuanto a la piscina “el Manantial” y el “parque acuático infantil”, se encuentran niveles por encima del permitido de coliformes totales, por la gran afluencia de público y por el uso de esta piscina por niños, los cuales son más propensos a presentar algún tipo de accidente fecal, respectivamente.

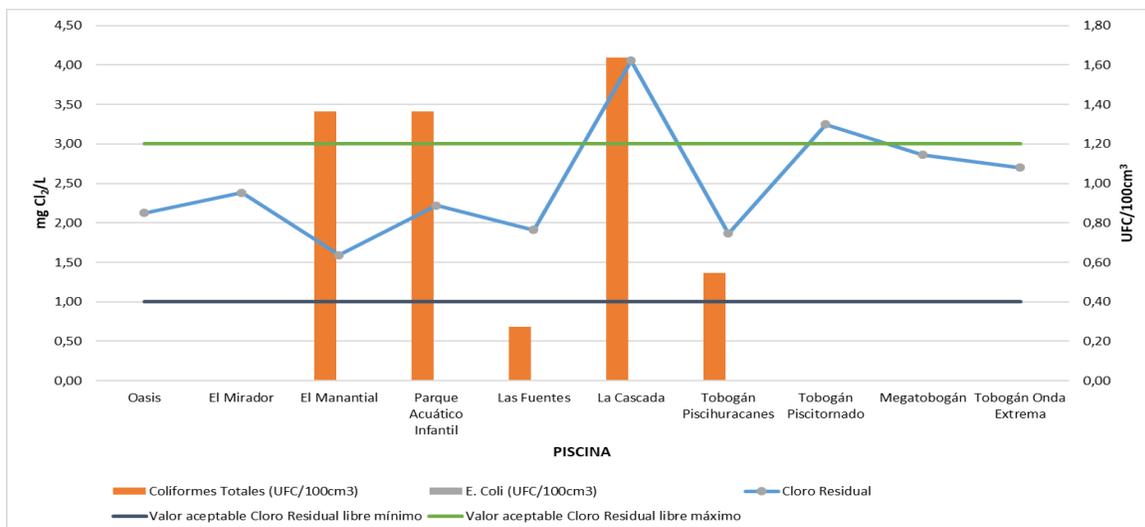


Figura 7 Comparación de Cloro residual libre vs Coliformes totales y E.Coli datos históricos – temporada baja. Autora.

Adicionalmente, se tuvo en cuenta los muestreos para temporada alta (diciembre 2016 y enero, junio, Julio y diciembre 2017), para determinar de esta manera en que temporada se pueden presentar mayores índices, en la Tabla 17, se presenta los parámetros analizados para estos meses.

Tabla 17 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – Promedio Temporada alta

Piscina	Parámetros Físicoquímicos					Parámetros microbiológicos		Tratamiento desinfección
	pH	Temperatura (°C)	Cloro Residual	Cloro Combinado	Turbiedad	Coliformes Totales (UFC/100cm³)	E. Coli (UFC/100cm³)	
Oasis	7,62	30,2	1,9	0,2	2,5	0	0	Ozono
El Mirador	7,52	30,6	1,8	0,5	0,6	0	0	
El Manantial	7,60	29,8	2,0	0,4	1,2	0	0	
Parque Acuático Infantil	7,82	28,8	3,3	0,9	1,8	0	0	Cloro
Las Fuentes	7,44	24,5	2,4	0,6	1,6	0	0	
La Cascada	7,58	31,2	2,3	1,0	1,3	0	0	
Tobogán Pisciuracanes	7,84	29,4	1,5	0,5	0,9	0	0	
Tobogán Piscitornado	7,82	27,8	2,8	0,6	1,1	0	0	
Megatobogán	7,86	29,6	2,7	0,6	1,5	17	0	
Tobogán Onda Extrema	7,70	30,0	1,3	0,2	0,7	0	0	Rayos UV

Fuente: Mega Parque Piscilago

Teniendo en cuenta los mismos parámetros analizados para la temporada baja, a continuación, se presenta el comportamiento del pH para temporada alta, en donde se evidencia, se cumple con dicho parámetro para todas las piscinas, como se muestra en la Figura 8.

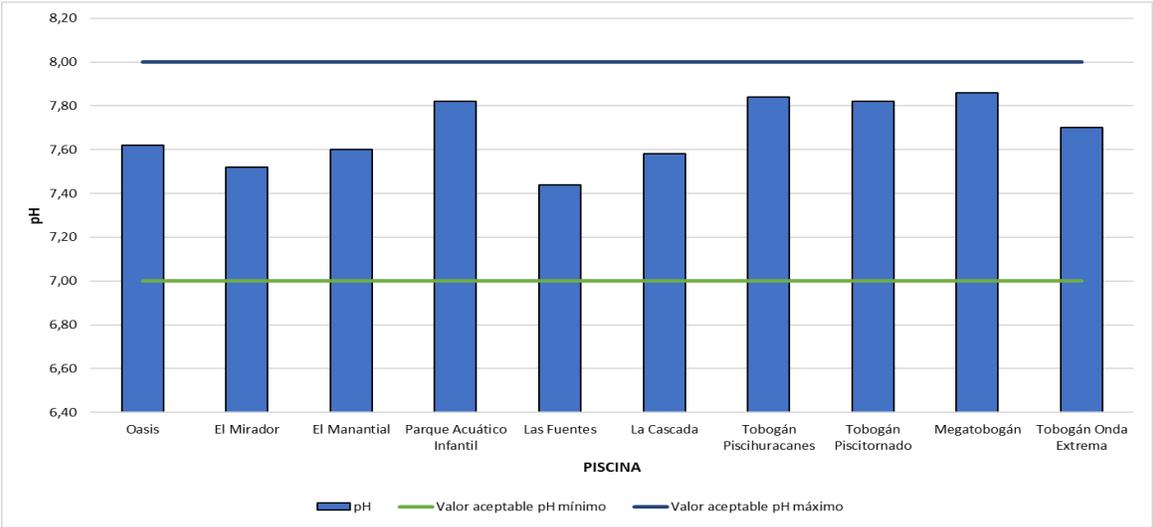


Figura 8 Comportamiento del pH datos históricos – temporada alta. Autora.

Por otro lado, en la Figura 9 se muestra el parámetro de turbidez para la temporada alta, en donde se evidencia que la piscina “Oasis” no cumple con el parámetro permisible con un valor de 2.5UNT.

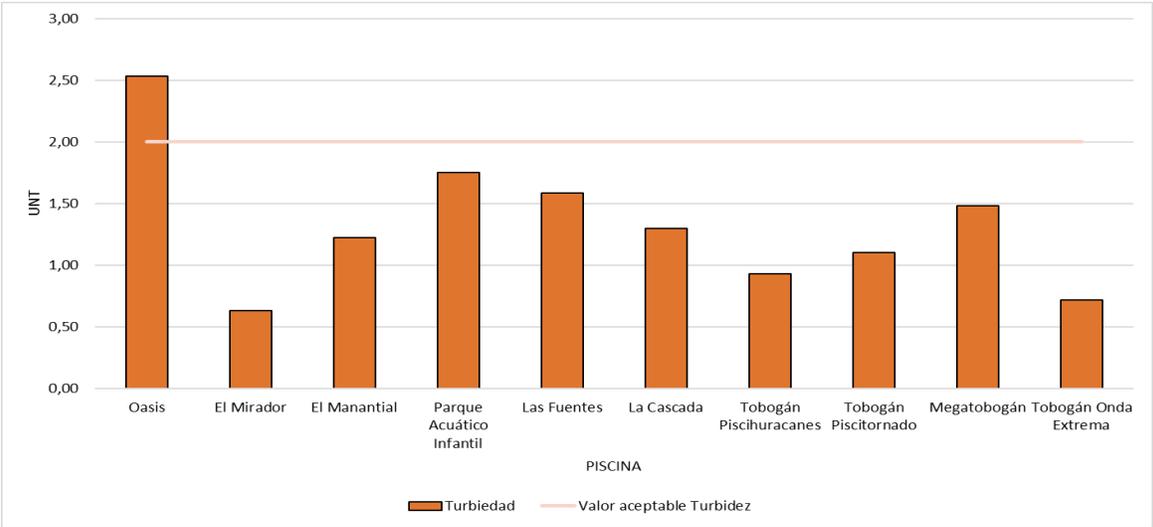


Figura 9 Comportamiento de la turbidez datos históricos – temporada alta. Autora

En cuanto al cloro residual no está cumpliendo en la piscina “Parque Acuático Infantil”, sobrepasando el límite máximo permisible con un valor de 3.34 mgCl₂/L, como se muestra en la Figura 10.

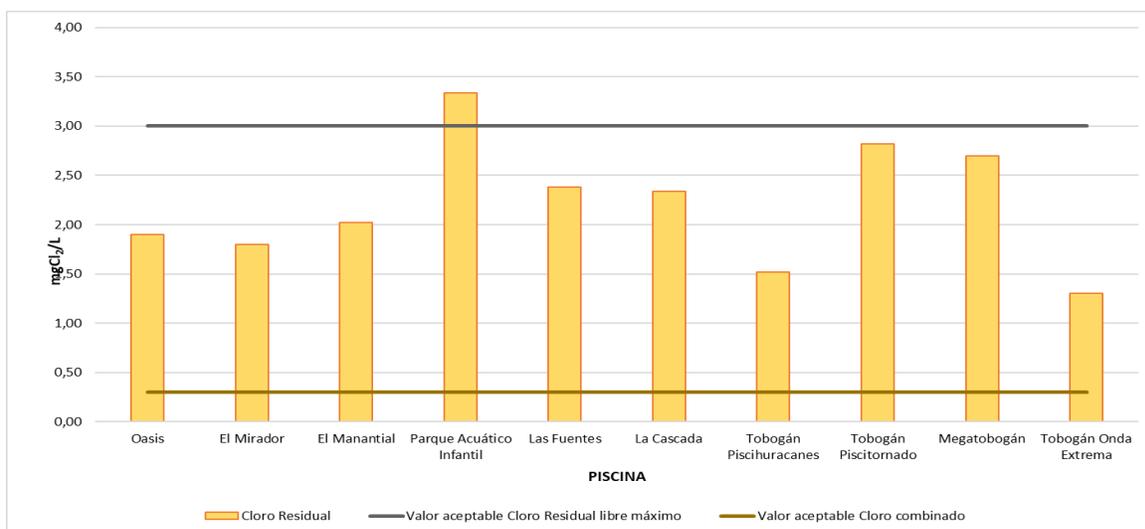


Figura 10 Comportamiento del cloro residual datos históricos – temporada alta. Autora.

En la Figura 11, se evidencia que solamente en dos piscinas se cumple con el valor máximo permisible de concentración de cloro combinado.

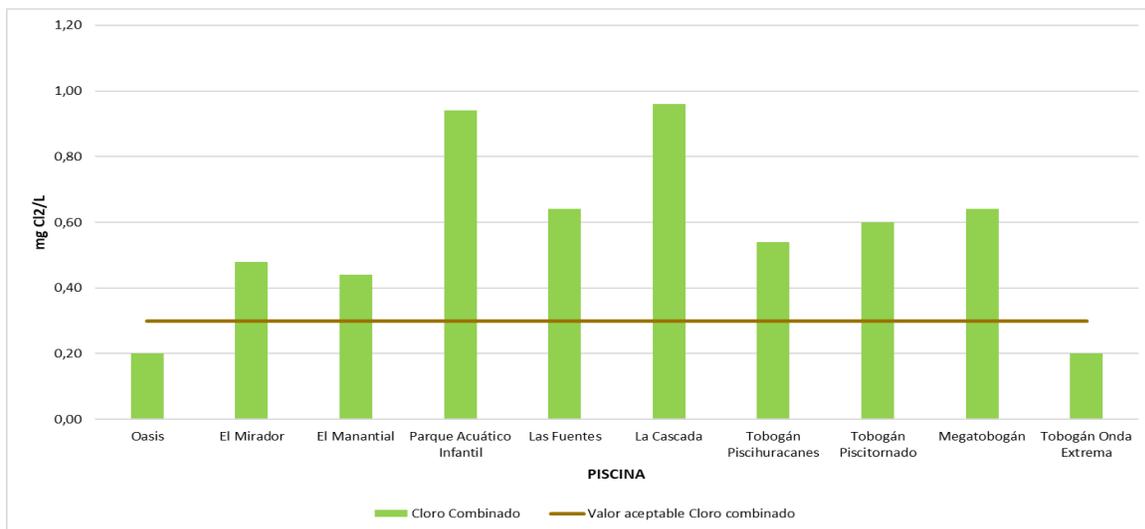


Figura 11 Comportamiento del cloro combinado datos históricos – temporada alta. Autora.

En la Figura 12, se muestra la comparación entre el cloro residual y los indicadores microbiológicos de Coliformes Totales y E.Coli.

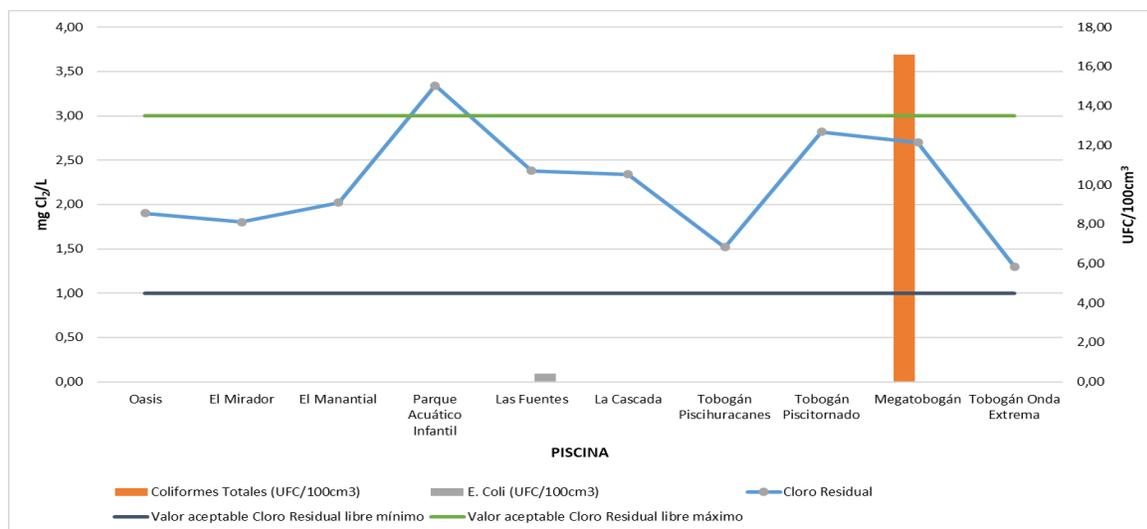


Figura 12 Comparación de Cloro residual libre vs Coliformes totales y E.Coli datos históricos – temporada baja. Autora.

De acuerdo a los parámetros microbiológicos, se establece que la piscina que se encuentra por fuera del valor límite permisible es el “Megatobogán”, a pesar de que la concentración de cloro residual cumple con los límites establecidos por la normatividad.

5.2 Determinación Parámetros

Para corroborar los parámetros obtenidos anteriormente por los datos históricos, en la investigación se realizaron dos contramuestras, la primera en el mes de junio, estableciéndose para temporada alta y el segundo en el mes de septiembre, el cual se refiere a la temporada baja.

Para hacer la misma comparación de los datos históricos, en la Tabla 18 se muestran inicialmente los resultados de la temporada baja, de los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos.

Tabla 18 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – temporada baja

Piscina	Parámetros Físicoquímicos					Parámetros microbiológicos		Tratamiento desinfección
	pH	T (°C)	Cl ₂ Res	Cl ₂ Comb	Turb (UNT)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	E. Coli (NMP/100mL)	
Oasis	7,71	31,90	1,80	0,40	1,00	< 1	< 1	Ozono
El Mirador	7,36	31,60	1,00	0,40	0,00	< 1	< 1	
El Manantial	7,12	31,20	3,20	0,60	0,00	< 1	< 1	
Parque Acuático Infantil	7,40	29,50	3,00	0,40	1,00	< 1	< 1	Cloro
Las Fuentes	7,36	31,20	2,60	0,60	0,00	< 1	< 1	
La Cascada	7,09	31,90	2,40	0,20	1,00	< 1	< 1	
Tobogán Pisciuracanes	7,09	32,70	0,60	-	3,00	1203,3	< 1	
Tobogán Piscitornado	7,80	29,20	2,80	0,60	0,00	< 1	< 1	
Megatobogán	7,74	30,60	2,80	0,40	0,00	< 1	< 1	
Tobogán Onda Extrema	7,38	30,80	3,00	0,20	0,00	< 1	< 1	Rayos UV

Fuente: Autora

El muestreo inicial se realiza para el parámetro de pH, en el cual determina que en todas las piscinas se cumple con el rango establecido como límites permisibles de acuerdo a la normatividad como se muestra en la Figura 13.

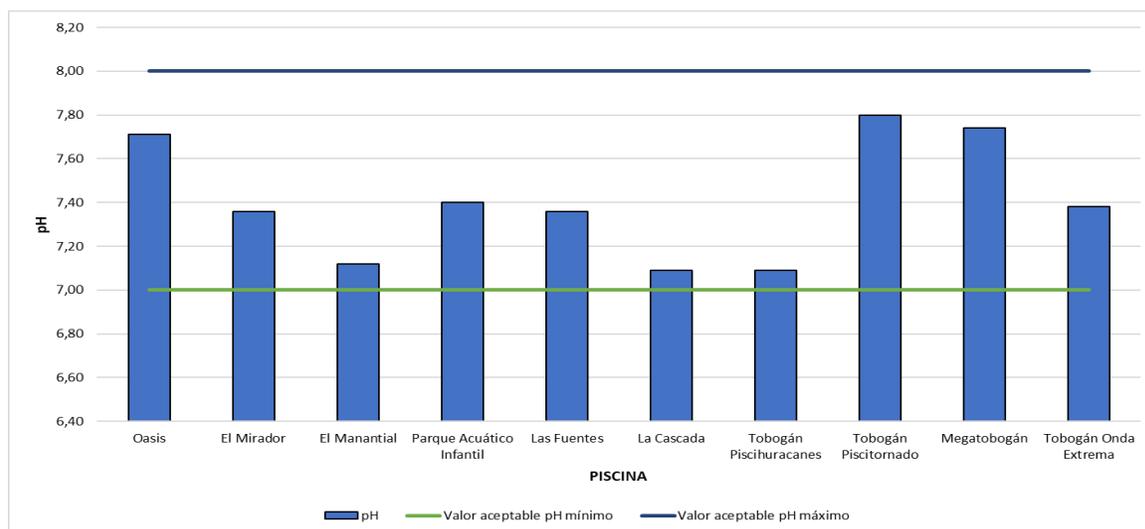


Figura 13 Comportamiento del pH contra muestreo – temporada baja. Autora

El siguiente parámetro físicoquímico determinado es la turbidez, este para temporada baja, incumple solamente en la piscina “tobogán Pisciuracanes”, el cual tiene un valor de 3UNT, como se muestra en la Figura 14.

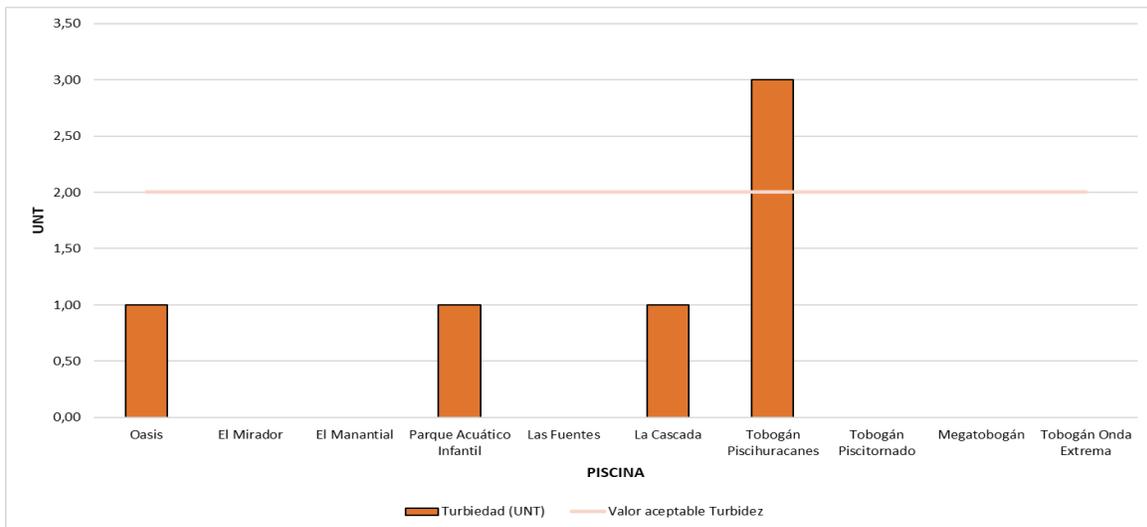


Figura 14 Comportamiento de la turbidez contra muestreo – temporada baja. Autora

Por otro lado, en la Figura 15 se presenta el parámetro de cloro residual, en el cual se muestra que la concentración de Cloro residual está por encima del rango establecido en la piscina “El Manantial” y por debajo del rango en la piscina “Tobogán Pisciuracanes”, así como en el límite las piscinas “Parque Acuático Infantil” y “Tobogán Onda Extrema”.

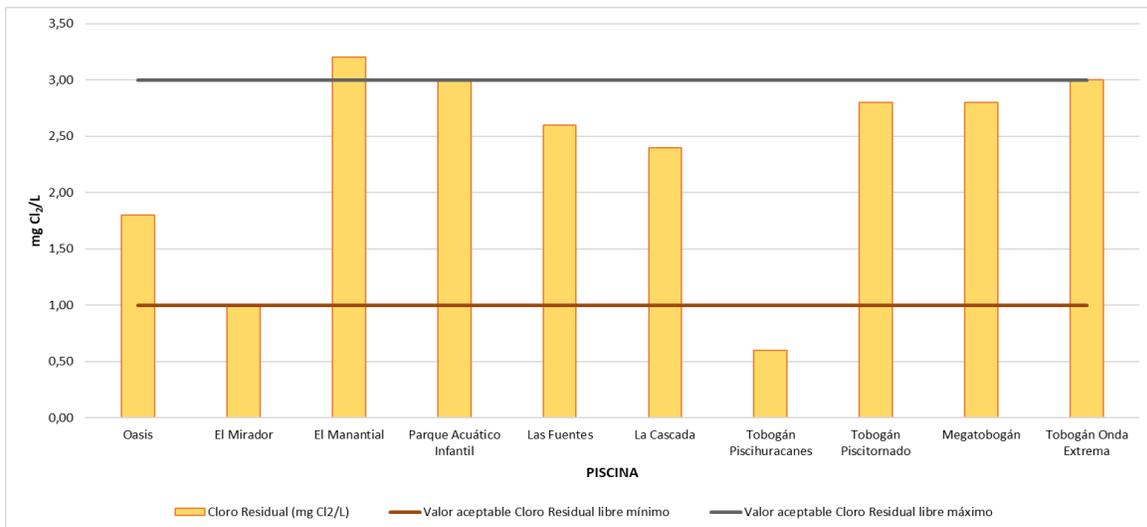


Figura 15 Comportamiento del Cloro residual contra muestreo – temporada baja. Autora

En la Figura 16 se muestra el comportamiento del cloro combinado en el contra muestreo para temporada baja, en donde se evidencia que no se cumple con el límite permisible para 7 de las 10 piscinas analizadas.

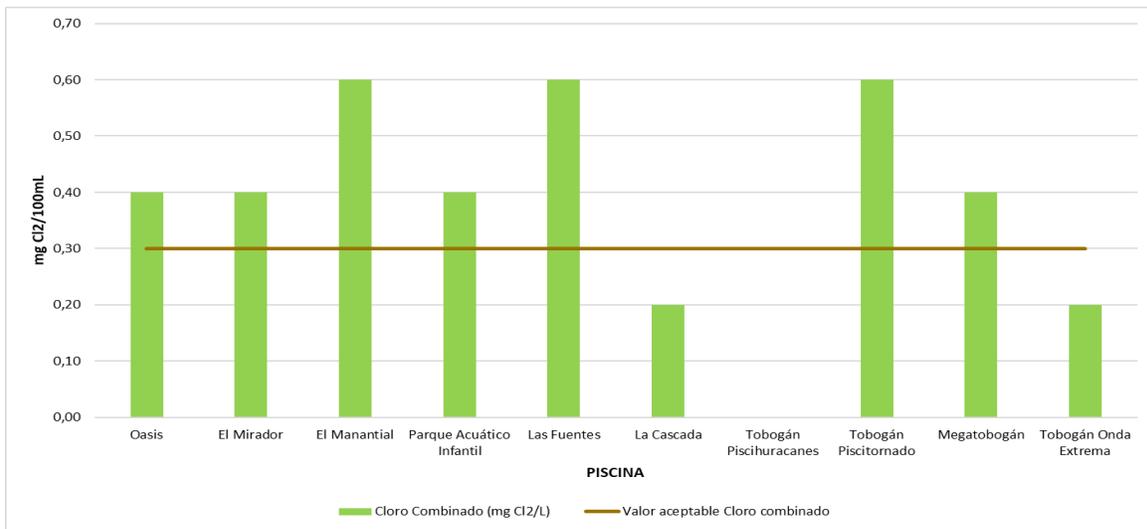


Figura 16 Comportamiento de Cloro combinado contra muestreo – temporada baja. Autora.

Así mismo, en el contra muestreo se determinan los parámetros microbiológicos de Coliformes totales y E.coli que definen que tan eficiente es la desinfección por hacer la comparación con la concentración de Cloro residual, como se presenta en la Figura 17, en donde se evidencia que en la piscina “Tobogán Piscihuracanes” no se cumple con el límite establecido para coliformes totales, así como con el mínimo de cloro residual.

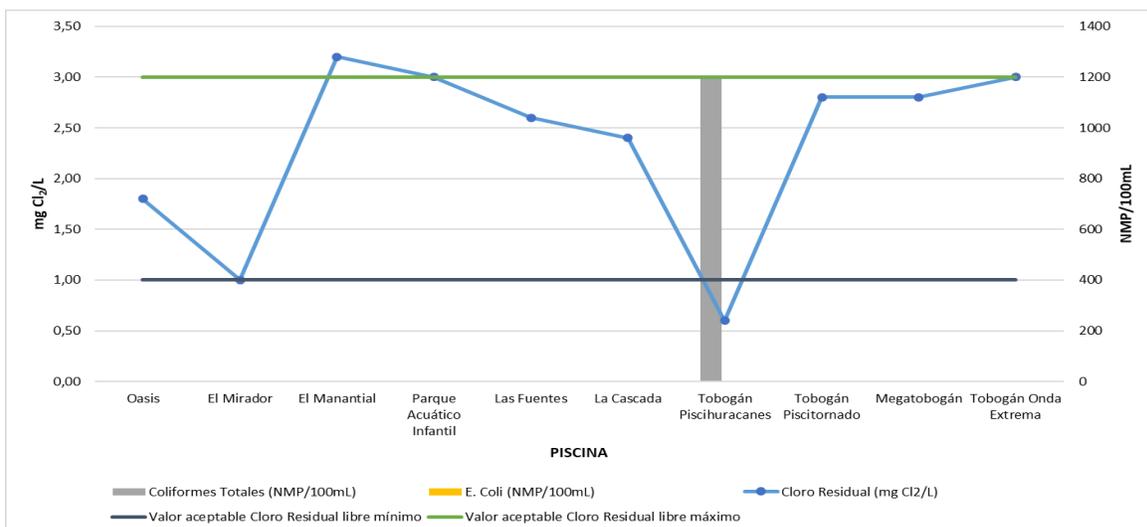


Figura 17 Comparación de Cloro residual vs Coliformes totales y E.coli contra muestreo – temporada baja. Autora.

De otra manera, se muestran los resultados de la temporada alta, de los parámetros tanto fisicoquímicos como microbiológicos, como se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19 Muestreo Piscinas Mega parque Piscilago – temporada alta

Piscina	Parámetros Fisicoquímicos					Parámetros microbiológicos		Tratamiento desinfección
	pH	T (°C)	Cl ₂ Res	Cl ₂ Comb	Turb (UNT)	Coliformes Totales (NMP/100mL)	E. Coli (NMP/100mL)	
Oasis	7,40	26,20	1,20	0,00	0,23	< 1	< 1	Ozono
El Mirador	7,20	26,70	1,80	0,00	0,30	< 1	< 1	
El Manantial	7,40	26,40	1,80	0,20	0,29	< 1	< 1	
Parque Acuático Infantil	7,60	26,00	2,60	0,40	1,01	3	< 1	Cloro
Las Fuentes	7,20	26,30	2,00	0,20	0,41	< 1	< 1	
La Cascada	7,20	28,20	2,00	0,20	0,38	< 1	< 1	
Tobogán Pisciuracanes	7,60	27,30	1,40	0,40	2,28	< 1	< 1	
Tobogán Piscitornado	7,40	27,60	3,20	0,80	0,35	< 1	< 1	
Megatobogán	7,60	26,80	3,60	0,40	0,50	13,4	< 1	
Tobogán Onda Extrema	7,20	28,20	0,40	0,00	0,21	13,2	3,1	Rayos UV

Fuente: Autora

El primer muestreo se realizó para el parámetro de pH, en el cual determina que en todas las piscinas se cumple con el rango establecido como límites permisibles de acuerdo a la normatividad como se muestra en la Figura 18.

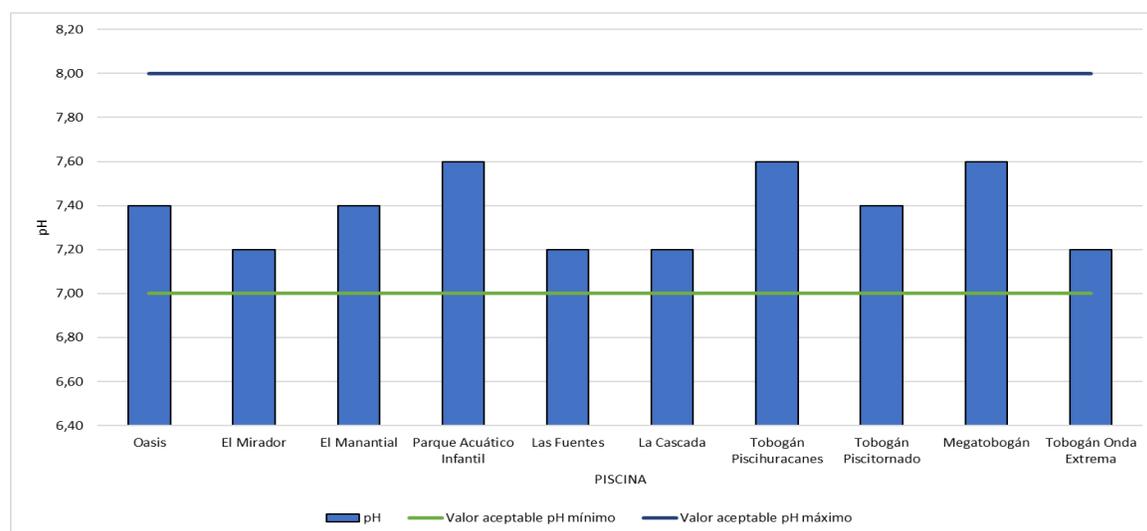


Figura 18 Comportamiento del pH contra muestreo – temporada alta. Autora

El siguiente parámetro fisicoquímico determinado es la turbidez, este para temporada baja, incumple solamente en la piscina “tobogán Piscihuracanes”, el cual tiene un valor de 2.15 UNT, como se observa en la Figura 19.

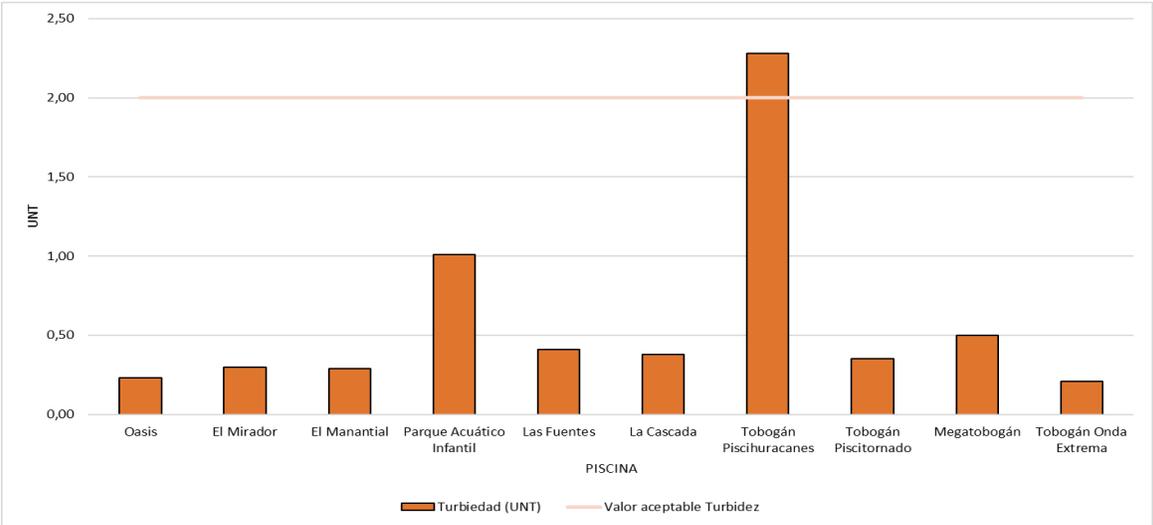


Figura 19 Comportamiento de la turbidez contra muestreo – temporada alta. Autora

Por otro lado, se presenta el parámetro de cloro residual, en el cual se muestra que la concentración de Cloro residual está por encima del rango establecido en la piscina “Tobogán Piscitornado” y “Megatobogán”, como se evidencia en la Figura 20.

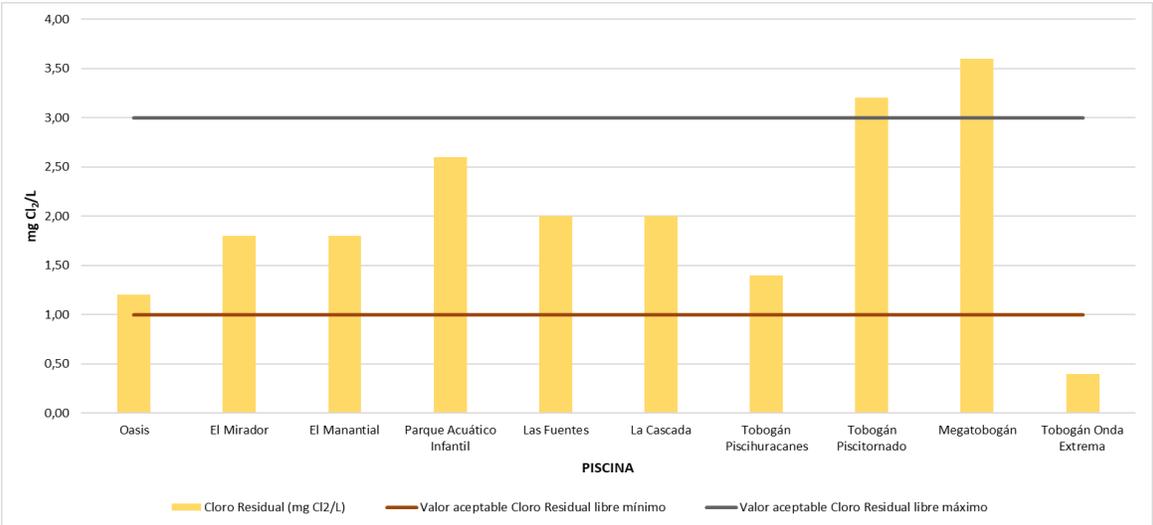


Figura 20 Comportamiento del Cloro residual contra muestreo – temporada alta. Autora

En la Figura 21, se muestra el comportamiento del cloro combinado en el contra muestreo para temporada baja, en donde se evidencia que no se cumple con el límite permisible para 4 de las 10 piscinas analizadas.

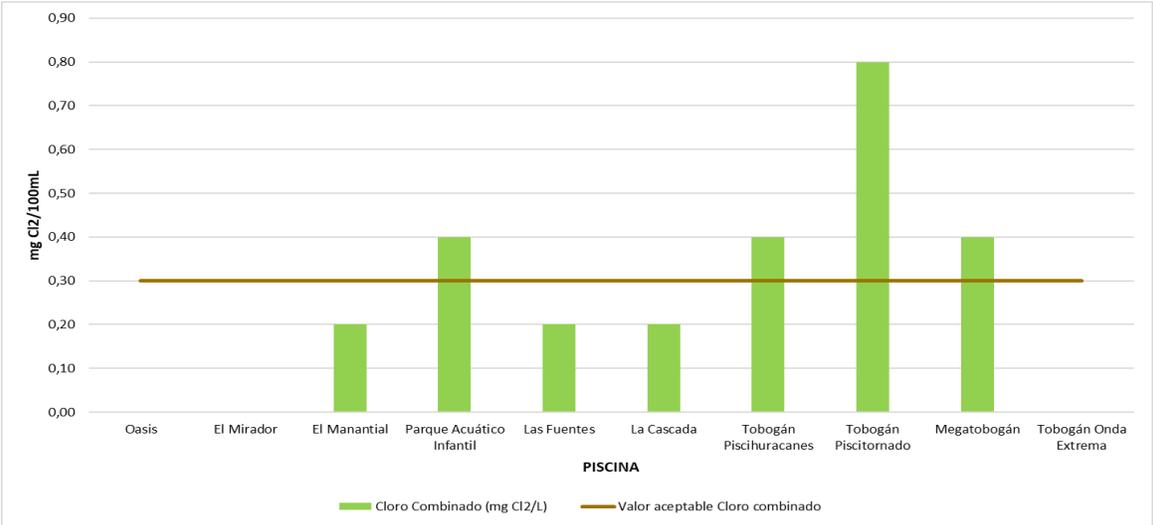


Figura 21 Comportamiento de Cloro combinado contra muestreo – temporada alta. Autora.

Así mismo, en la Figura 22 se evidencia que en las piscinas “Parque acuático infantil”, “Tobogán Onda Extrema” y “Megatobogán” no se cumple con el límite establecido para coliformes totales, al primero se puede atribuir a un posible accidente fecal el cual puede ser más posible por ser la piscina de niños, en el segundo y tercero se puede atribuir al no cumplimiento del Cloro residual, el cual está por debajo y por encima, respectivamente.

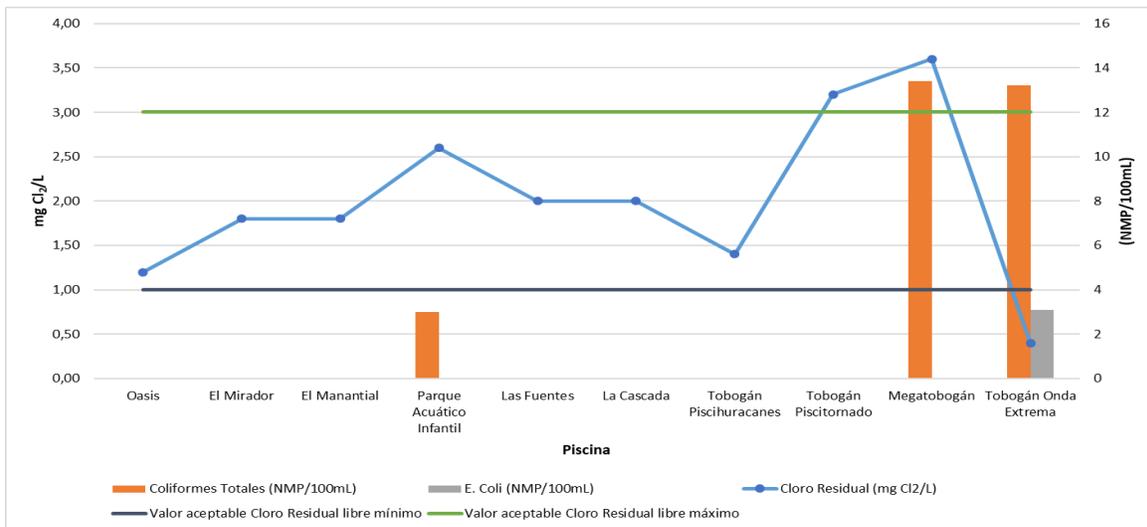


Figura 22 Comparación de Cloro residual vs Coliformes totales y E.coli contra muestreo – temporada alta. Autora.

5.3 Análisis de resultados

5.3.1 Comparación de los datos para el parámetro de pH.

Existe una constante en el valor de pH (Figura 23) de la mayoría de las piscinas dentro del rango de un pH neutro con tendencia a la alcalinidad, esto a razón de las condiciones del sistema de tratamiento, sin embargo, se nota un valor de pH menor a siete en la piscina “El mirador” para temporada baja, lo que no tiene tendencia con ninguno de los demás resultados, es decir, que pudo haber sido un suceso extraordinario por condiciones externas al tratamiento del agua (Colmenares, Correia-De-Soto, & De-Sousa, 2008).

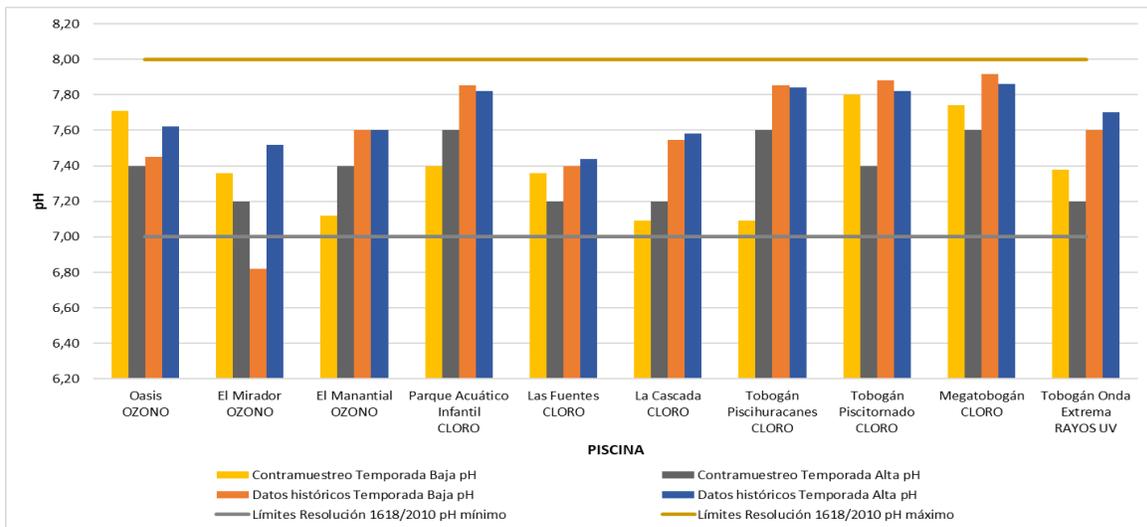


Figura 23 Comparación del promedio de pH de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.

Sin embargo, no es un valor que represente un peligro para la salud humana, debido a que no está muy alejado del límite mínimo (Rueda, Samira; Escobar, Harry; Mena, 2007), lo que se controlaría con la adición de un medio alcalinizante que neutralice ácidos volátiles presentes en el agua (Fernández-Luna, Burillo, Felipe, Gallardo, & Tamaral, 2013).

Por otro lado, no se denota diferencias significativas de cada uno de los sistemas de tratamiento para el valor del pH, es decir, este parámetro no se ve afectado por el sistema de desinfección utilizado, debido a que, en el sistema de tratamiento se realiza un proceso de estabilización del pH antes de la desinfección (Cimetiere & De Laat, 2014).

5.3.2 Comparación de los datos para el parámetro de turbidez.

Se evidencia el incumplimiento del límite máximo permisible, definido por la Resolución 1618/2010, la piscina “Oasis” para el resultado de los datos históricos de la temporada alta, en donde se realiza la desinfección con el método de Ozono así como para el tobogán “Piscihuracanes” en tanto en los datos históricos de la temporada baja, como en el contra muestreo en las dos temporadas, en donde se realiza la desinfección con Cloro, como se evidencia en la Figura 24.

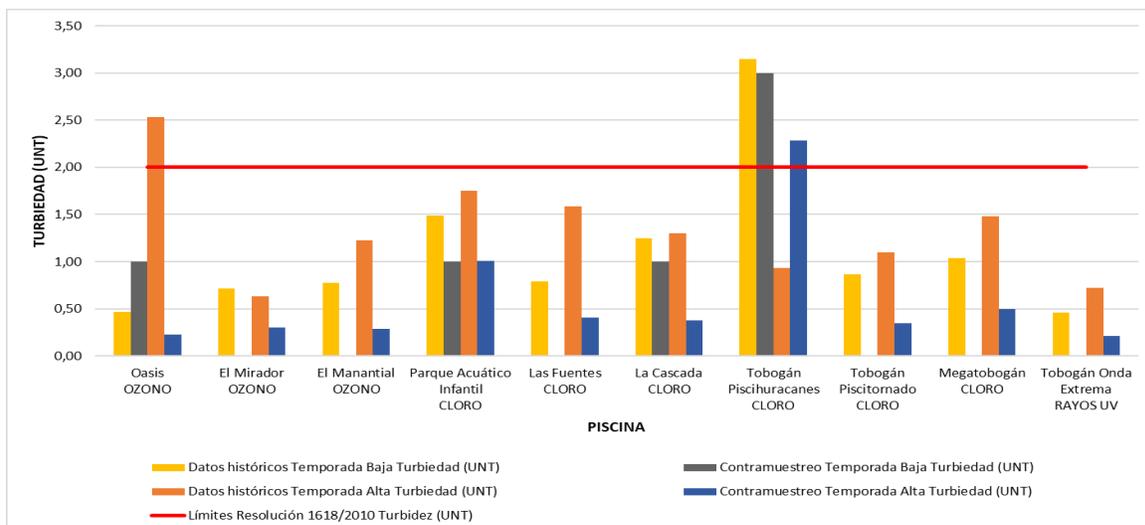


Figura 24 Comparación del promedio de turbidez de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.

Sin embargo, también se podría deber a un favorecimiento de las condiciones de la calidad del agua de entrada en las fechas del muestreo o de un alto nivel de eficiencia del sistema de filtración en fechas cercanas a la toma de la contra muestra, a razón de la optimización realizada en este proceso (Ceron, Pérez Vidal, & Lozada, 2005; Navarra, 2013), aunque, se evidencia una excepción en la piscina “piscihuracanes” en fecha de temporada alta en donde el valor de la contra muestra es mayor que el promedio histórico, lo que se podría explicar por el grado de uso de la atracción para esa fecha (Díaz-Solano et al., 2011; Drobnic et al., 2009), incumpliendo con el límite máximo establecido por la resolución 1618 de 2010 (Ministerio de la protección social, 2010) tanto para la contra muestra como para el promedio histórico de muestreos, contrastando la linealidad de los resultados.

Por otra parte, para el caso de la turbiedad esta está directamente relacionada al proceso de filtración implementado (Colmenares et al., 2008), presentando una influencia directa en el proceso de desinfección, debido a que esta afecta linealmente la demanda de cloro en el agua cruda y tratada y en la formación potencial de subproductos de desinfección que pueden comprometer la calidad microbiológica del agua (Montoya, Loaiza, Torres, Cruz – Escobar et al, 2011).

5.3.3 Comparación de los datos para el parámetro de cloro residual.

El parámetro de cloro residual es indispensable para el aseguramiento de la desinfección gradual del agua, garantizando, la concentración óptima para la no afectación a la salud humana (Jiménez, 2013), debido a que este puede ocasionar desde efectos agudos como dolor pectoral, irritación de la piel, ojos o de vías respiratorias, hasta llegar a efectos crónicos como la afectación el revestimiento de las células pulmonares (problemas respiratorios) y la afectación del sistema inmune especialmente en niños (Aragon & Alvarenga, 2012; Colman, Porta, & Jacovkis, 2012; Fernández-Luna et al., 2013; García, Heredia, Claudia, Flores, & Pamela, 2016), y la contaminación mínima del medio ambiente por cloro (Organismo mundial de la salud OMS, 2000; Piscinas, 2011).

En la Figura 25, se presenta la comparación de los datos mensuales del último año con los datos obtenidos por el contramuestreo realizado para el parámetro de cloro residual en fechas de temporada alta y baja, y el tipo de sistema de desinfección utilizado para cada piscina.

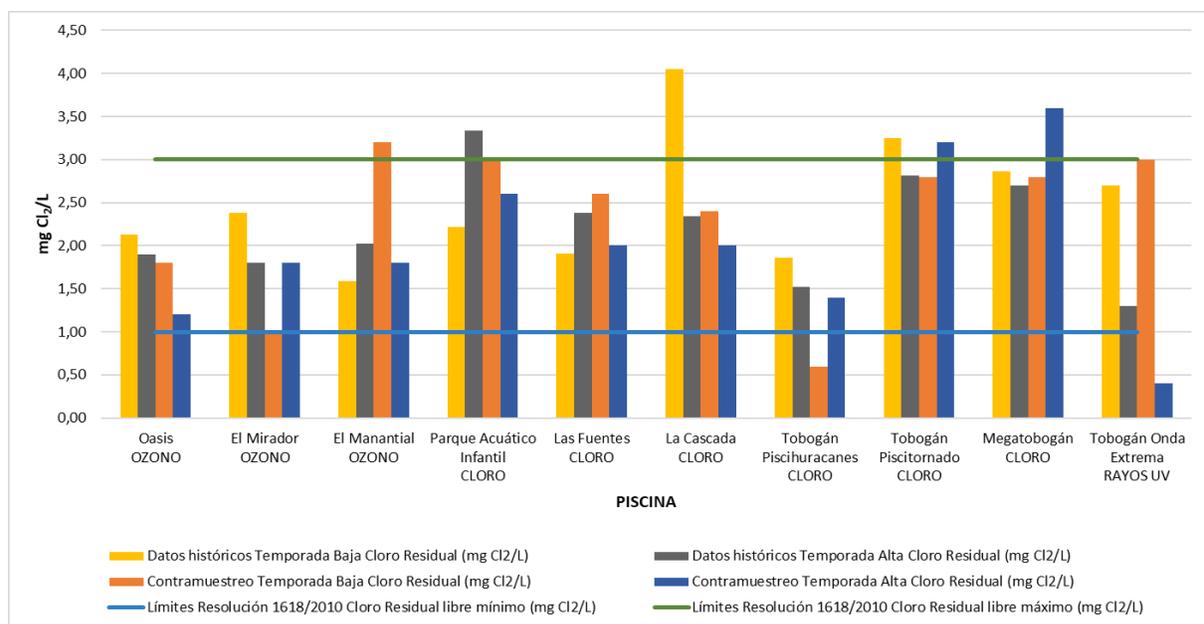


Figura 25 Comparación del promedio de Cloro Residual de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.

Se puede apreciar una variabilidad en los datos tanto en el promedio histórico, como en el contra muestreo (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), esto, principalmente a razón de la variación del sistema de desinfección utilizado y la temporada de la toma de las muestras. Es importante aclarar que los métodos de desinfección por ozono y rayos UV complementan su proceso con cloro, pero en pequeñas concentraciones, por tal razón se evidencia un efecto residual en las piscinas que implementan estos dos sistemas; por otro lado, este parámetro depende en su mayoría de la operatividad del sistema de desinfección (Aragon & Alvarenga, 2012), es decir la dosis aplicada, frecuencia de aplicación y la presentación usada (Jiménez, 2013; Piñeiro, De, Aprea, Baak, & Saris, 2010), por tal razón se evidencia en algunos datos el incumplimiento del parámetro ya sea por exceso o por defecto.

La mayoría de los resultados cumplen con el rango permisible para este parámetro con la excepción en ambos datos en la piscina del tobogán “Piscitornado” y una concentración excesivamente alta (4 mg/L) para la piscina “La Cascada” en el promedio histórico en temporada baja de (1,0 a 3,0 mg/L) y el Megatobogán para el contra muestreo en temporada alta.

5.3.4 Comparación de los datos para el parámetro de cloro combinado.

El cloro combinado, es el resultado de la reacción del cloro en solución con amoníaco y compuestos nitrogenados orgánicos, formando compuestos conocidos como Cloraminas, siendo sus principales formas la Monocloramina (NH_2Cl), Dicloramina (NHCl_2) y Tricloramina (NCl_3), los cuales poseen una capacidad de desinfección menor si se comparada con la del cloro residual (Fernández-Luna et al., 2013; Pérez, 1981).

Este parámetro se usa como indicador de la presencia de nutrientes nitrogenados en el agua, ya sean causados por: orina, sudor o suciedad de los bañistas; es decir, una concentración alta de este parámetro indica un nivel inadecuado de cloro en el agua o una mala condición del agua tratada; por lo anterior, es obligatorio la reducción de la concentración de cloro combinado, la cual se puede realizar por súper cloración, utilizando

una forma de cloro sin estabilizante o usando oxígeno activo en el tratamiento del agua (Organismo mundial de la salud OMS, 2006; Quirós, 2005).

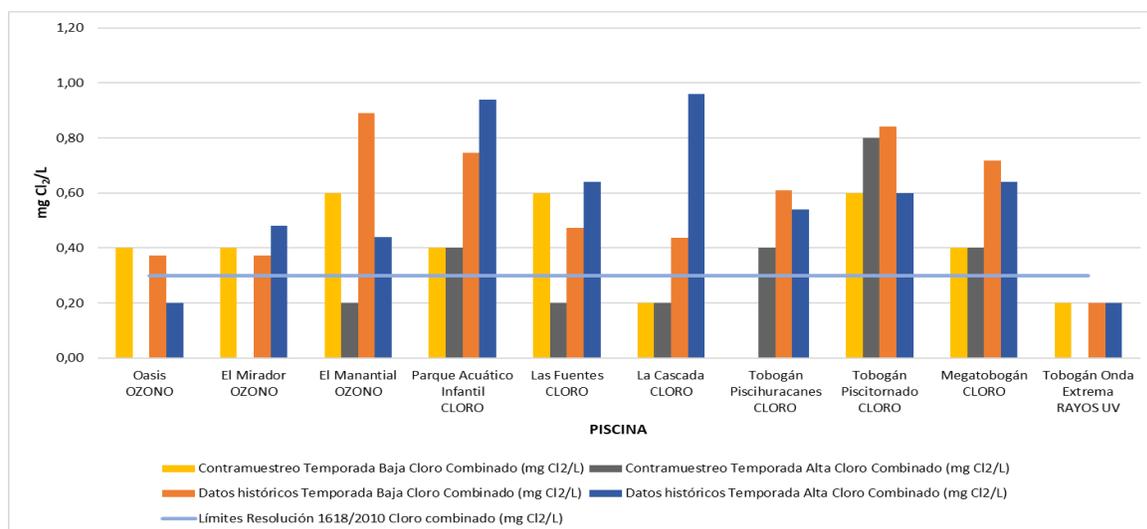


Figura 26 Comparación del promedio de Cloro Combinado de los datos mensuales con los datos de contra muestreo. Autora.

En los datos obtenidos (Figura 26) se aprecia el incumplimiento del límite máximo permisible de este parámetro en la mayoría de las piscinas (Ministerio de la protección social, 2010), con excepción de la piscina del tobogán “Onda Extrema”, que usa como método de desinfección radiación UV, con adición de un mínimo de cloro, haciendo que se reduzca la formación de subproductos propios de la cloración como lo es el cloro combinado (Cimetiere & De Laat, 2014; Wright, H; Cairns, 2007); por otro lado, en las piscinas que usan ozono a pesar que no se cumple con los límites máximos, se evidencia que los valores no son muy alejados del límite, es decir, que la concentración de cloro en estas atracciones también es reducida, por lo que, el ozono al no reaccionar con el amonio cuenta con la ventaja de no generar este tipo de subproductos como sucede con el cloro. (Torres, 2012).

5.3.5 Ensayos microbiológicos

En la Tabla 20 se evidencia la relación de la concentración de cloro residual con la presencia de coliformes totales y E. Coli.

Tabla 20 Relación de parámetros de cloro con la presencia de patógenos en el agua-Temporada baja y alta.

Piscina	Tratamiento desinfección	Datos históricos						Contra muestreo					
		Temporada alta			Temporada baja			Temporada alta			Temporada baja		
		Cl ₂ Res (mg Cl ₂ /L)	Col Tot (UFC/100cm ³)	E. Coli (UFC/100cm ³)	Cl ₂ Res (mg Cl ₂ /L)	Col Tot (UFC/100cm ³)	E. Coli (UFC/100cm ³)	Cl ₂ Res (mg Cl ₂ /L)	Col Tot (NMP/100mL)	E. Coli (NMP/100mL)	Cl ₂ Res (mg Cl ₂ /L)	Col Tot (NMP/100mL)	E. Coli (NMP/100mL)
Oasis	Ozono	1,9	0	0	2,1	0	0	1,2	< 1	< 1	1,8	< 1	< 1
El Mirador		1,8	0	0	2,4	0	0	1,8	< 1	< 1	1,0	< 1	< 1
El Manantial		2,0	0	0	1,6	1	0	1,8	< 1	< 1	3,2	< 1	< 1
Parque Acuático Infantil	Cloro	3,3	0	0	2,2	1	0	2,6	3	< 1	3,0	< 1	< 1
Las Fuentes		2,4	0	0	1,9	0	0	2,0	< 1	< 1	2,6	< 1	< 1
La Cascada		2,3	0	0	4,1	2	0	2,0	< 1	< 1	2,4	< 1	< 1
Tobogán Piscihuracanes		1,5	0	0	1,9	1	0	1,4	< 1	< 1	0,6	1203,3	< 1
Tobogán Piscitornado		2,8	0	0	3,3	0	0	3,2	< 1	< 1	2,8	< 1	< 1
Megatobogán		2,7	17	0	2,9	0	0	3,6	13,4	< 1	2,8	< 1	< 1
Tobogán Onda Extrema	Rayos UV	1,3	0	0	2,7	0	0	0,4	13,2	3,1	3,0	< 1	< 1

Fuente: Autora

En el Mega Parque, el tratamiento de las piscinas inicia con un proceso de filtración, usando filtros de alta tasa, lo que garantiza la preparación del agua para el proceso de desinfección; la filtración cumple con dos objetivos fundamentales: 1) Disminuir la carga bacteriana y 2) Hacer más eficientes los procesos de desinfección (Arboleda, 2000).

En el sistema de tratamiento de las piscinas del Mega Parque, se realiza la adición de sulfato de aluminio (tipo A), por medio de inyectoras, los cuales bombean el coagulante en la tubería afluente del filtro; lo que garantiza una mejor eficiencia en el proceso de eliminación de patógenos(Química, Daniel, & Idrovo, 2015; Santos & Luis, 2016).

Por lo general, el Mega Parque cumple con la normatividad para patógenos en piscinas (Environments, 2000; Ministerio de la protección social, 2010). Aunque, se evidencia en algunos casos el incumplimiento del mismo, a razón de condiciones externas y de operatividad en el tratamiento. En la piscina del tobogán “Piscihuracanes”, en la cual, se utiliza cloro como método de desinfección, se aprecia una anomalía en el parámetro de Coliformes totales en temporada baja en el contra muestreo, valor que se desprecia, teniendo en cuenta que la atracción al momento de la toma de la muestra se encontraba

fuera de servicio, por lo que el sistema de tratamiento no estaba funcionando; sin embargo, este valor confirma la importancia de la implementación de un sistema de tratamiento óptimo para las piscinas, sin el cual, se hallarían datos similares al anterior mencionado, lo que pone en riesgo la salud de los bañistas (Gea Izquierdo, Enrique; Murgu, 2012).

En la piscina del tobogán “Onda extrema”, la cual cuenta con un sistema de desinfección de radiación UV y complementado con una dosis mínima de cloro; se encuentra un elevado valor para el parámetro de Coliformes totales y E. Coli en época de temporada alta para el contra muestreo, lo que se podría explicar por el alto flujo de personas, el aumento de la temperatura del agua o la dosis reducida de cloro residual hallada al momento de la toma de la muestra, debida a que esta, no cumple con la dosis mínima de cloro residual establecida por la norma vigente (Ministerio de la protección social, 2010).

Por otro lado, en la piscina del “Megatobogán”, en donde se manifiesta la presencia de coliformes totales tanto en el promedio histórico, como en el contra muestreo para época de temporada alta, paradójicamente se evidencia una concentración de cloro residual por encima del límite permisible; no existe una razón probable del porqué de este resultado, más aún cuando es similar en ambos muestreos, aunque, se puede inferir que los coliformes totales por ser un consorcio bacteriano, generan una resistencia mayor a la desinfección que otros patógenos, a razón, de que producen esporas bacterianas, que por estar en un estado de latencia debido a la deshidratación parcial de su protoplasma, solo se desarrollan cuando encuentran las condiciones óptimas para su crecimiento (Tortora, Funke, & Case, 2007). Sin embargo, también se debe contemplar la posibilidad de una deficiencia en el proceso de desinfección de dicha piscina.

Por último, para el caso de la piscina del parque acuático infantil, se expone la presencia de coliformes totales, en temporada baja y alta en el promedio histórico; esto, posiblemente se debe a que, por ser la piscina de uso de niños existe una mayor probabilidad de accidentes fecales, de vómitos, sangrado y orina, entre otros (López Casares, Chávez Sánchez, & Madero Polo, 2018; Rueda, Samira; Escobar, Harry; Mena, 2007).

6 Conclusiones

El resultado final de esta investigación, indica que, la eficiencia de desinfección de cada uno de los métodos utilizados en las piscinas del Mega Parque no tiene una diferencia significativa entre sí. Teniendo en cuenta que para todos los métodos de desinfección (Ozono y radiación UV), se realiza la adición de un mínimo de cloro, lo que permite que se obtenga un efecto residual, el cual, es requerido para su desinfección.

De los 144 datos monitoreados por el Mega Parque Piscilago, se evidencia que el 1,39% no cumplió con el parámetro del pH, el 20,83% con el cloro residual, el 72,22 % con el cloro combinado, el 6,25 % con los Coliformes totales. y el 0,69 % con el *E. Coli*, y en el caso de turbidez en donde se presentan solamente 82 datos monitoreados (N=82) el 7,32% no cumplió con el parámetro, por otro lado, al realizar el análisis del cumplimiento global de cada uno de los parámetros del total de los muestreos realizados por el Mega Parque, se evidencia que el Cloro Combinado es el que presenta menor cumplimiento de la norma con un 72,2%, seguido por el Cloro Residual con un 20,8%.

El pH para todas las atracciones cumple con el rango permitido por la normatividad vigente, esto indica que la selección del desinfectante utilizado como método de cloración (hipoclorito de sodio), es la adecuada, debido a que por ser una base tiende a neutralizar aguas con pH ácidos.

En la turbidez se puede evidenciar que del 100% de valores analizados entre los datos históricos y los contra muestreos para cada una de las temporadas, solamente el 10% se encuentra por encima del rango establecido por la normatividad vigente, esto indica que para estas atracciones, el proceso de filtración presenta falencias, generando posibles problemas en el proceso siguiente de desinfección, ya que al no cumplir con los límites mínimos esta puede afectar linealmente la demanda de cloro, y en la formación potencial de subproductos, los cuales a su vez generan una mayor protección a los microorganismos para su eliminación.

Para el análisis del cloro residual es necesario tener en cuenta que del 100% de los datos históricos y de contra muestreo, el 15 % se encuentra por encima del rango establecido por la norma, mientras que el 7,5% se encuentra por debajo del rango, lo que nos indica que

para los casos de desinfección por cloro el Mega Parque tiende a realizar una aplicación mayor del Cloro necesario para su desinfección, mientras que para los métodos de ozono y radiación UV, esta aplicación se encuentra en concentraciones mucho menores.

En cuanto al cloro combinado, exceptuando el método de radiación UV que cumple a cabalidad con los límites permisibles y el método de ozono que se encuentra muy cerca a este límite permisible, de las atracciones que usan cloro como método de desinfección el 75% de estas presentan valores por encima de los rangos máximos permisibles, esto evidenciando una de las mayores desventajas que presenta el cloro, la cual es la formación de subproductos por la reacción con otros compuestos presentes en las piscinas en este caso amoniaco y compuestos nitrogenados.

Para el caso de la comparación del método de desinfección, la concentración de Cloro residual y la presencia de Coliformes Totales y *Ecoli*, las atracciones que presentaron valores de cloro residual por debajo de los límites permisibles que para el caso de piscinas de uso público es de $1\text{mgCl}_2/\text{L}$, evidencian presencia de Coliformes Totales en el 10% de los datos, esto indicando la importancia que tiene la adición de una concentración mínima de cloro, independiente del método de desinfección usado, para así garantizar un efecto residual que permita que el tiempo de contacto de desinfección sea mayor, por ende la eficiencia del proceso también lo sea.

7 Bibliografía

Aragón, E., & Alvarenga, G. (2012). *Determinación de la calidad microbiológica del agua de piscinas ubicadas en el complejo deportivo de la ciudad Merliot y el Polideportivo de la ciudad del Salvador durante tres meses del 2011*. Universidad Del Salvador, 1–226.

Arboleda, J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua.

Arcos Pulido, M. del P., Ávila De Navia, S. L., Estupiñán Torres, S. M., & Gómez Prieto, A. C. (2005). Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua. *Nova - Publicación Científica*, 3(4), 69–79. <https://doi.org/10.22490/24629448.338>

Cerón, A., Pérez Vidal, A., & Lozada, P. T. (2005). Importancia del pH y la Alcalinidad en el Tratamiento Anaeróbico de las Aguas Residuales del Proceso de Extracción de Almidón de Yuca. *Scientia et Technica*, (27), 243–248. <https://doi.org/0122-1701>

Cimetiere, N., & De Laat, J. (2014). Effects of UV-dechloramination of swimming pool water on the formation of disinfection by-products: A lab-scale study. *Microchemical Journal*, 112, 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2013.09.014>

Colman, J. E., Porta, A. A., & Jacovkis, P. M. (2012). MODELO Y SIMULACIÓN DE REGIONES DE AFECTACIÓN POR UN INCIDENTE QUÍMICO. *Argentina y Ambiente* 2012, 1(1), 333–338.

Colmenares, M. C., Correia-De-Soto, A., & De-Sousa, C. (2008). Evaluación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica en piscinas del estado Carabobo, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, XLVIII(Ene-Jul), 73–82.

Díaz-Solano, B. H., Esteller, M. V., & Hoyos, S. E. G. (2011). Physicist-chemistry and microbiological water quality in aquatic parks | Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en parques acuáticos. *Hidrobiológica*, 21(1), 49–62.

Doménech-Sánchez, A., Olea, F., & Berrocal, C. I. (2008). Infecciones relacionadas con las aguas de recreo. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 26(SUPPL. 13), 32–37. <https://doi.org/10.1157/13128778>

Drobnic, F., Carrillo, G., Corominas, A., Drobnic, F., Freixa, A., Gomá, A., ... Pineda, M. (2009). Impacte sobre la salut dels compostos utilitzats en el tractament de l'aigua de les piscines d'ús públic. *Estat de la qüestió. Apunts Medicina de l'Esport*, 44(161), 42–47. [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(09\)70107-0](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(09)70107-0)

Environments, S. R. (2000). CHAPTER 3 MICROBIOLOGICAL HAZARDS. *Organización Mundial de La Salud OMS*, 2(August).

Familia, D. de salud bienestar social y. (2013). Control inicial de calidad en piscinas al aire libre. Gobierno de Aragón.

Fernández-Luna, Á., Burillo, P., Felipe, J. L., Gallardo, L., & Tamaral, F. M. (2013). Chlorine concentrations in the air of indoor swimming pools and their effects on swimming pool workers. *Gaceta Sanitaria*, 27(5), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2013.02.002>

García, Heredia, Claudia, Flores, & Pamela. (2016). The use of pesticides and affectation on immune system: an issue of current interest. *PARRA, CINTHIA 2 CORRESPONDENCIA: CHGARCIA@UMSA.BO Resumen*, 4, 61–70.

Gea Izquierdo, Enrique; Murgu, L. (2012). Calidad del agua y salud: Las biopelículas y Legionella. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 3(2), 45–51.

Jiménez, X. (2013). Evaluación de la aplicación de dióxido de cloro al 28% para el control de linfadenitis, en cobayos, de la “cuyera nacional cuy cuna cía. Ltda.”, cantón Iatacunga, 111.

López Casares, D., Chávez Sánchez, J. C., & Madero Polo, A. (2018). Dermatitis palmar de las piscinas. *FMC Formación Médica Continuada En Atención Primaria*, 25(3), 185–186. <https://doi.org/10.1016/j.fmc.2016.09.018>

Martínez A, R., & Albarado Y, L. (2013). Bacteriological quality of water of public and private pools of the city of Cumaná, Sucre state, Venezuela. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 53(1), 37–45. Retrieved from http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482013000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=en

Ministerio de la protección social. (2010). RESOLUCION 1618 DE 2010. República de Colombia, 1–22.

Navarra, I. de salud pública y laboral de. (2013). Controles a realizar en los vasos de piscina descubierta. Sección de Sanidad Ambiental.

Organismo mundial de la salud OMS. (2000). GUIDELINES FOR SAFE RECREATIONAL-WATER ENVIRONMENTS VOLUME-SWIMMING POOLS, SPAS AND SIMILAR RECREATIONAL-WATER ENVIRONMENTS FINAL. World Health Organization, 2. Retrieved from http://www.who.int/water_sanitation_health/bathing/recreall-intro.pdf?ua=1

Organismo mundial de la salud OMS. (2006). Chapter 4-CHEMICAL HAZARDS. World Health Organization, 2(August).

Pérez, J. A. (1981). Capítulo V Desinfección-Cloración. *Manual de Tratamiento de Aguas*, 167–173. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/70/7/45_-_6_Capi_5.pdf

Piñeiro, S., De, D. S., Aprea, M.-C., Baak, M. A. V. A. N., & Saris, W. I. M. H. M. (2010). Disinfection of swimming pools with chlorine and derivatives: formation of organochlorinated and organobrominated compounds and exposure of pool personnel and swimmers. *Natural Science*, 02(02), 68–78. <https://doi.org/10.4236/ns.2010.22011>

Piscinas, M. normativo asociado a. (2011). Marco Normativo Asociado a Piscinas. *Constitucion Nacional Derecho a La Salubridad y Ambiente Sano*, 5763, 5777. Retrieved from http://www.asurbe.com.co/docs/MARCO_NORMATIVO_ASOCIADO_A_PISCINAS.pdf

Química, E. D. E. I., Daniel, L., & Idrovo, C. (2015). Calle Idrovo Leonardo Daniel Zambrano Torres César Alfredo 1.

Romero Rojas, J. and Sánchez Londoño, Y. (2011). Guía para el manejo y control de la calidad del agua en piscinas de uso público. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Quirós, F. R. (2005). Desinfección del agua con cloro y cloraminas. *Técnica Industrial*, 55–63.

Rueda, Samira; Escobar, Harry; Mena, S. R. J. (2007). EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LAS PISCINAS DE USO PÚBLICO EN EL MUNICIPIO DE QUIBDÓ, CHOCÓ, COLOMBIA. *Revista Institucional Universidad Tecnológica Del Chocó: Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 26(2), 73–78.

Santos, B., & Luis, J. (2016). Evaluación y tratamiento del agua proveniente de canal de regadío del distrito Cerro Colorado para su uso en piscinas.

Torres, I. F. (2012). Evaluación de daños oxidativos en *Escherichia coli* y *Salmonella enterica* var . *Typhimurium* a baja concentración de ozono disuelto. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas* ISSN: 43(3), 1–2.

Tortora, G. (Bergen C. C., Funke, B. (North D. S. U., & Case, C. (Skyline C. (2007). Introducción a la microbiología. Retrieved from <https://books.google.com.mx/books?id=Nxb3iETuwplC&printsec=frontcover&dq=mycobacteriaceae+pdf+tortora+microbiología&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjUldugifDdAhUKZKwKHVFsaQwQ6AEIMjAB#v=onepage&q=micobacterias&f=false>

Wright, H; Cairns, W. (2007). DESINFECCION DE AGUA POR MEDIO DE LUZ ULTRAVIOLETA. *Codice Edizioni Torino*, 1–15. <https://doi.org/10.1515/APF.2008.179>

Bogotá. D.C., 12 de diciembre de 2018

SEÑORES

Dirección de Posgrados

Maestría en Ingeniería Civil

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

Ciudad,

Asunto: Concepto de conformidad documento de trabajo de grado.

Respetados Señores:

Por medio de la presente me permito poner en conocimiento la conformidad del proyecto de trabajo de grado titulado **"EFICIENCIA DE DESINFECCIÓN EN PISCINAS DE CLIMA TROPICAL: CASO DE ESTUDIO PARQUE ACUÁTICO PISCILAGO, GIRARDOT – COLOMBIA"**, desarrollado por la ingeniera **DIANA CAROLINA VEGA ROMERO**, como requisito de grado de la Maestría de Ingeniería Civil con énfasis en Ingeniería Ambiental.

Agradezco la atención prestada.

Cordialmente


YULY ANDREA SÁNCHEZ LONDOÑO
Directora Trabajo de grado
Ingeniera Civil
Docente Catedra