GESTIÓN DE DATOS ASOCIADOS A INDICADORES DE RIESGO DE AGUA PROVENIENTE DE FUENTES SUPERFICIALES, APOYADOS CON HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN

[1]Santiago Gonzalez Fuentes

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Asesor (Ariel Fabricio Guerrero Rodríguez)

16 de abril 2024

[1] Estudiante de la Universidad La Gran Colombia - correo: sgonzalezf2@ulagrancolombia.edu.co

Resumen

La calidad del agua en Colombia es un tema de creciente relevancia que requiere un proceso continuo de gestión y evaluación de los recursos hídricos para determinar su idoneidad para el consumo humano. Este proceso implica la medición y análisis de la calidad de los cuerpos de agua, ya sea mediante pruebas realizadas in situ y/o en laboratorio, siguiendo la normativa establecida en la resolución 2115 de 2007, la cual define los factores a considerar para garantizar la correcta ejecución de este proceso. Con el fin de respaldar la gestión de datos y evitar la pérdida de información, es necesario recurrir a la tecnología y la programación para automatizar y optimizar la gestión de datos relacionados con los indicadores de riesgo en muestras de agua provenientes de fuentes de abastecimiento del Departamento de Cundinamarca. Para ello se plantea el desarrollo de un sistema que permita la captura, almacenamiento y consulta de datos característicos de una muestra de agua proveniente de la fuente en estudio. El objetivo principal es implementar un sistema de gestión de datos en tiempo real que cumpla con los estándares de procesamiento y análisis de datos de agua establecidos por la normativa vigente, con el propósito de mejorar la toma de decisiones en lo que respecta a la gestión del recurso hídrico.

Abstract

Water quality in Colombia is an issue of growing relevance that requires a continuous process of management and evaluation of water resources to determine their suitability for human consumption. This process involves measuring and analyzing the quality of water bodies, either through in situ or laboratory tests, following the regulations established in Resolution 2115 of 2007, which defines the factors to be considered to ensure the correct execution of this process. In order to support data management and avoid the loss of information, it is necessary to resort to technology and programming to automate and optimize the management of data related to risk indicators in water samples from water supply sources in the Department of Cundinamarca. For this purpose, the development of a system that allows the capture, storage and consultation of characteristic data of a water sample from the source under study is proposed. The main objective is to implement a real-time data management system that complies with the water data processing and analysis standards established by current regulations, with the purpose of improving decision making regarding water resource management.

Keywords: Water, Managment, programming, hydraulic resource,

Introducción

En el área de hidráulica se estudian cada uno de los fenómenos que se observan en la naturaleza con respecto al agua, lo cual ha permitido desarrollar diferentes estrategias de abordaje para cada uno de los problemas que se presentan, uno de ellos surge a partir de la necesidad humana de consumir agua para sobrevivir, por lo que la sociedad avanzó y desarrolló un sistema de tratamiento para poder consumir este recurso, lo hizo mediante diseños de sistemas de abastecimiento el cual consiste en "una serie de obras necesarias para captar, conducir, almacenar, tratar y distribuir el agua desde las fuentes, que pueden ser vertientes, quebradas, ojos de agua, etc." (Cárdenas & Patiño, 2010), con el fin de abastecer una población delimitada; para ello es necesario establecer un punto de captación donde sea pertinente interferir con la fuente de agua natural y así poderla dirigir por todo un sistema de estructuras construidas por el hombre para el correcto tratamiento del agua como lo son captación, desarenación, aducción, aireación, sedimentación, filtración, almacenamiento, entre otras de acuerdo al tipo de tratamiento requerido de acuerdo a los parámetros de calidad del agua y estudios previos.

Dentro de los parámetros de calidad del agua se evidencia que, en el marco de la normativa colombiana, de acuerdo con la resolución 2115 de 2007 "la calidad del agua se puede evaluar mediante el estudio de sus características físicas, químicas o microbiológicas." Para el caso de las propiedades físicas tenemos que se evalúa la cantidad de sólidos disueltos o suspendidos, siendo filtrables los que están disueltos y retenidos en el filtro los suspendidos, pueden ser orgánicos o inorgánicos según su naturaleza, también se pueden categorizar como sólidos sedimentables los de gran tamaño que se depositan por gravedad en el fondo, sólidos en suspensión los que sus partículas flotan y pueden ser perceptibles a la vista, disoluciones coloidales son de fácil degradación, de tamaño intermedio y tienen gran capacidad de absorción.

Pueden ser percibidas por los sentidos tales como el olor, la temperatura, la densidad, el color aparente, la turbiedad.

Por otro lado, las propiedades químicas son las que tienen la capacidad de reaccionar químicamente como la materia orgánica que puede ser proteínas, carbohidratos, grasas animales, aceites, agentes tensoactivos o plaguicidas, o también está la materia inorgánica como sustancias minerales reconocidas como sólidos fijos. Los factores que se evalúan son el PH, el carbono orgánico total, los nitritos, nitratos, fluoruros, los cuales tienen implicaciones sobre la salud humana, el calcio, la alcalinidad total, cloruros, aluminio, dureza, hierro total, magnesio, manganeso, molibdeno, sulfatos, zinc y sulfatos que tienen implicaciones de tipo económico debido al tipo de tratamiento que se requiere para garantizar la calidad del agua.

Por último, están las características microbiológicas que buscan evaluar las bacterias provenientes de los desechos humanos en las aguas residuales como la escherichia coli y los coliformes totales, siendo estas de gran importancia identificar y tratar para evitar la propagación de estas enfermedades.

Estos parámetros son evaluados por la misma normativa estableciendo el nivel de riesgo para el consumo humano, para ello, como se evidencia en el anexo 1 de acuerdo al capítulo IV de la presente resolución se establece el puntaje de riesgo para cada característica física, química y microbiológica, por el incumplimiento de los valores aceptables y a partir de ello se realiza el cálculo del índice de riesgo de la calidad del agua (IRCA) mediante la ecuación 1, el cual permite establecer las condiciones en las que se encuentra el fluido en estudio de acuerdo a la tabla 1, en donde se encuentra el nivel de riesgo, la notificación inmediata que se debe hacer y las acciones a tomar de acuerdo al resultado.

Ecuación 1. Cálculo del IRCA.

$$IRCA(\%) = \frac{\Sigma\, puntajes\ de\ riesgo\ asignado\ a\ las\ características\ no\ aceptables}{\Sigma\, puntajes\ de\ riesgo\ asignados\ a\ todas\ las\ características\ analizadas} * 100$$

Una vez calculado el porcentaje se determina su nivel de riesgo de acuerdo con los parámetros establecidos en la tabla 1, para después proceder a tomar acciones respecto a ello clasificando el riesgo en la salud según el IRCA.

Tabla 1. Clasificación del nivel de riesgo en salud según el IRCA.

Clasificación IRCA (%)	**Nivel de Riesgo**	**IRCA por muestra**	**IRCA mensual (Acciones)**
80.1 -100	INVIABLE SANITARIAMENTE	Informar a la respectiva persona prestadora.	Agua no apta para consumo humano.
35.1 - 80	ALTO	Informar a la respectiva persona prestadora.	Agua no apta para consumo humano.
14.1 – 35	MEDIO	Informar a la respectiva persona prestadora.	Agua no apta para consumo humano.
5.1 - 14	BAJO	Informar a la persona prestadora y al COVE.	Agua no apta para consumo humano,

Clasificación IRCA (%)	Nivel de Riesgo	IRCA por muestra	IRCA mensual (Acciones)
			susceptible de mejoramiento.
0 - 5	SIN RIESGO	Continuar el control y la vigilancia.	Agua apta para consumo humano. Continuar la vigilancia.

Nota: Adaptado de la resolución 2115 de 2017.

Después de determinar las acciones a tomar con respecto al cuerpo de agua según el IRCA se procede a evaluar los indicadores de acuerdo al decreto 1575 de 2007, donde se definen los métodos y tipos de muestreo que se pueden realizar teniendo en cuenta el tipo de acceso, siendo manual para un acceso fácil, automático para aquellos casos en el que sea difícil acceder a tomar la muestra o mixto para casos en los que involucren los dos tipos de muestreo. Además allí también se puede evidenciar un acta de toma de muestras de agua para consumo humano elaborada por el instituto nacional de salud que recoge información de la empresa prestadora, los datos generales de la muestra con un análisis en el sitio de PH, temperatura, cloro libre, turbiedad, la localización del punto de toma y la recepción de muestra en el laboratorio, esto con el fin de garantizar el proceso de control y seguimiento desde que se toma la muestra hasta que se desecha, también se debe tener en cuenta el proceso de recolección y análisis de datos recuperados ya que puede ser in situ o en laboratorio dependiendo de los dispositivos o

implementos que se dispongan en el sitio de la toma de muestra, de acuerdo al manual de muestras se puede realizar in situ para medir parámetros como la temperatura, el PH, el color, la turbiedad, la conductividad y el cloro residual libre, mientras que en el laboratorio serán determinados los demás parámetros para clasificar el tipo de agua en estudio, siendo de gran ayuda la implementación de una herramienta digital que garantice un sistema de gestión de datos y además evalúe de manera inmediata bajo la normativa legal vigente la calidad del agua. Para ello en el marco de lo planteado se desarrolla una investigación en torno a la programación aplicada al desarrollo de herramientas para uso ingenieril enfocado en la gestión de recursos hídricos evaluando los indicadores de riesgo y realizando el cálculo del IRCA para determinar la calidad del agua.

Metodología

En el marco de la problemática con la gestión de datos de recursos hídricos a continuación se describen las fases para abordar el desarrollo de la herramienta planteada para mejorar el sistema actual en cuanto a seguridad, veracidad, integridad y consulta de datos en tiempo real. Siendo la primera fase encargada de delimitar los indicadores de riesgo a usar de acuerdo a la normativa legal vigente, luego en segunda fase diseñar un módulo de captura, almacenamiento y consulta de datos para determinar el nivel de riesgo que se establece según la normativa y por último en tercera fase generar un manual de uso para la herramienta, sea utilizada por usuarios con diferentes perfiles de acceso, digitador (encargado de capturar los datos in situ y/o en laboratorio) y un administrador encargado de revisar los datos recolectados, consultar información, generar informes y tomar decisiones en cuanto a las alertas generadas por la herramienta.

FASE 1. Delimitación de los indicadores de riesgo de acuerdo a la normativa legal vigente.

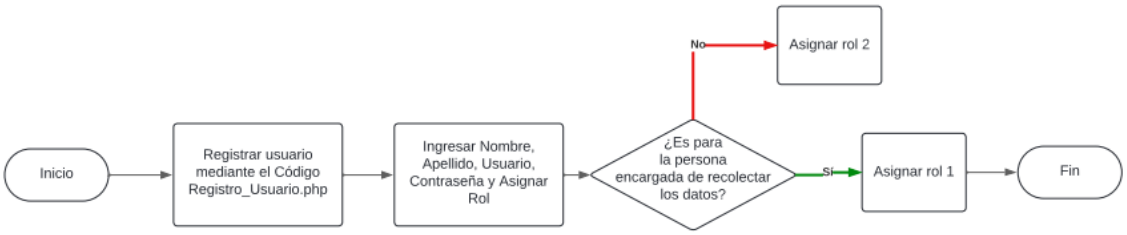
Basado en los puntajes de riesgo encontrados en la resolución 2115 de 2007 se plantea establecer los parámetros por los cuales serán evaluados los datos recolectados de la fuente de agua, al igual que realizar el cálculo del IRCA que permite a través de la sumatoria del puntaje de riesgo determinar la calidad del agua en base al nivel de riesgo.

FASE 2. Diseño del sistema de gestión de datos en la herramienta de programación.

En primer lugar, se propone un sistema de registro que funcione de acuerdo a la figura 1 y un sistema de ingreso que funcione de acuerdo a la figura 2 para garantizar un sistema seguro validado por credenciales.

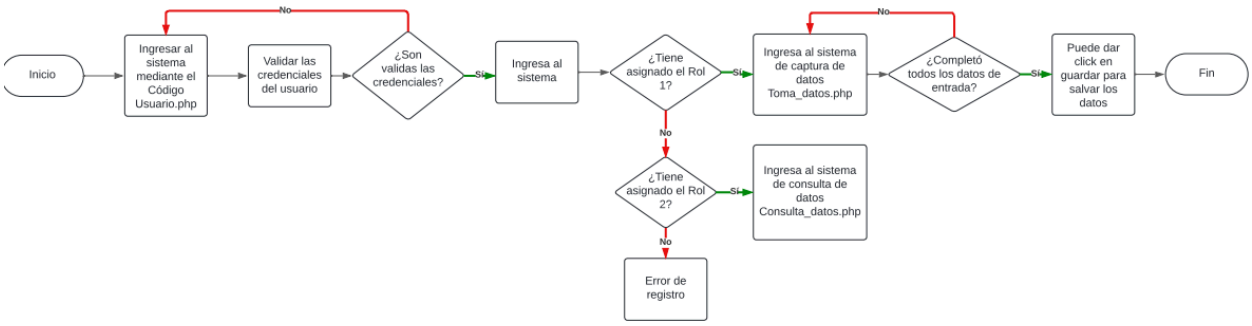
Figura 1. Planeación sistema de registro de usuarios.

El



Nota: Elaboración propia.

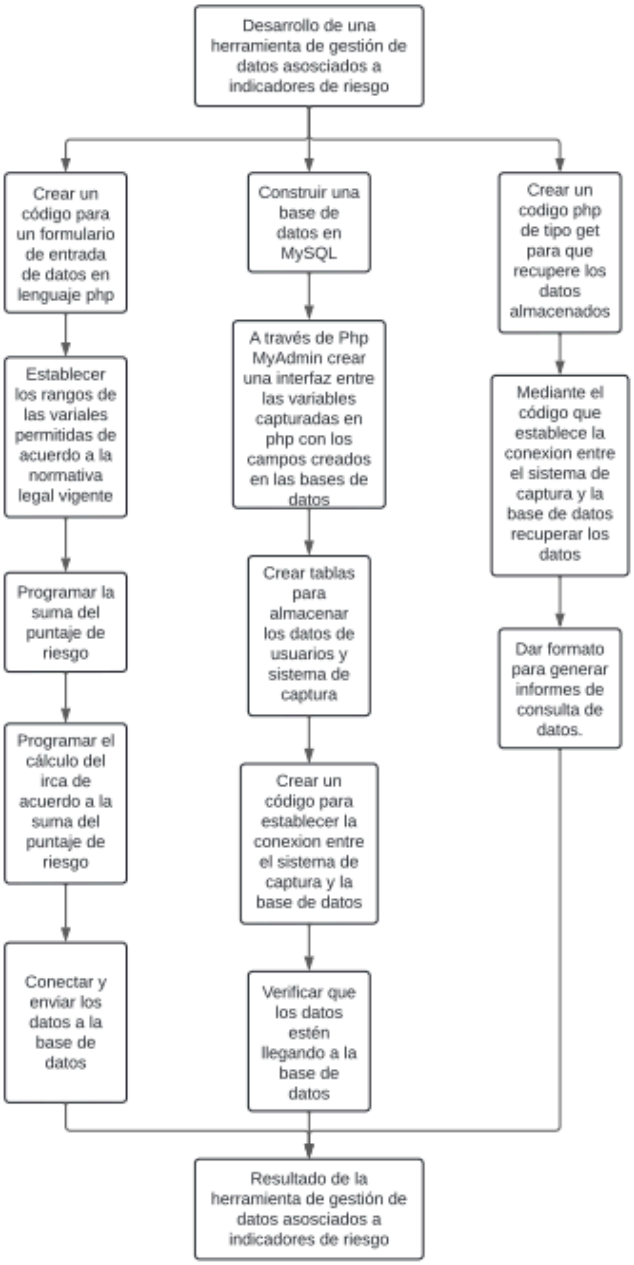
Figura 2. Planeación de ingreso de usuarios.



Nota: Elaboración propia.

En segundo lugar, se plantea un sistema de captura, almacenamiento y consulta de datos explicado en la figura 3 mediante el cual se establecen las instrucciones a seguir para desarrollar la herramienta.

Figura 3. Planeación de diseño del sistema de gestión de datos.



Nota: Elaboración propia.

FASE 3. Generación de un manual de uso de la aplicación

Por último, se plantea la elaboración de un manual de uso de la aplicación necesario para que el operador o técnico encargado de recolectar los datos generales de la muestra, tenga el conocimiento de cómo implementar la herramienta desarrollada para aplicar el sistema de gestión de datos en el procedimiento actual de toma de muestras de agua para consumo humano.

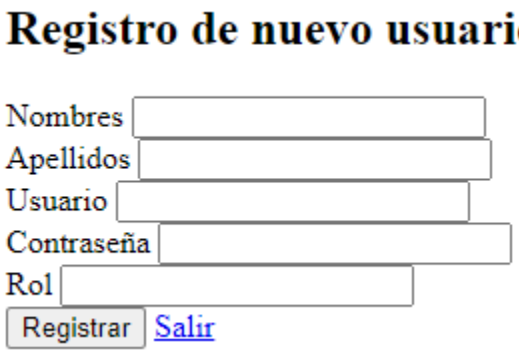
Resultados

El sistema de gestión de datos fue desarrollado en base al entorno cloud computing en 2 fases y 5 pasos, los cuales constan de registro e ingreso, el cual contiene el sistema de captura de datos, almacenamiento en base de datos y consulta de datos, obteniendo como resultado:

Sistema de registro

Es un formulario que requiere la información del responsable antes de utilizar sistema de gestión, se debe ingresar como se muestra en a figura 4 nombres y apellidos, un usuario único, contraseña y se debe asignar un rol para distinguir entre acceso a sistema de captura y sistema de consulta siendo 1 y 2 respectivamente.

Figura 4. Formulario de registro

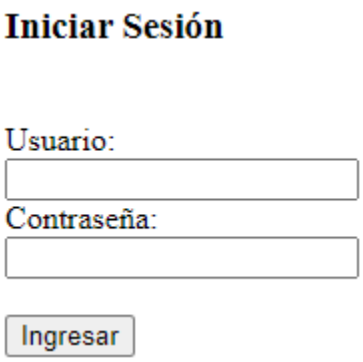


Nota: Elaboración propia.

Sistema de Ingreso

Es un formulario tipo Log in para ingresar al sistema, para ello debe ingresar como se puede evidenciar en la figura 5 los datos de usuario y contraseña proporcionados anteriormente en el formulario de registro para poder acceder a los sistemas de acuerdo al tipo de rol asignado.

Figura 5. Formulario para iniciar sesión

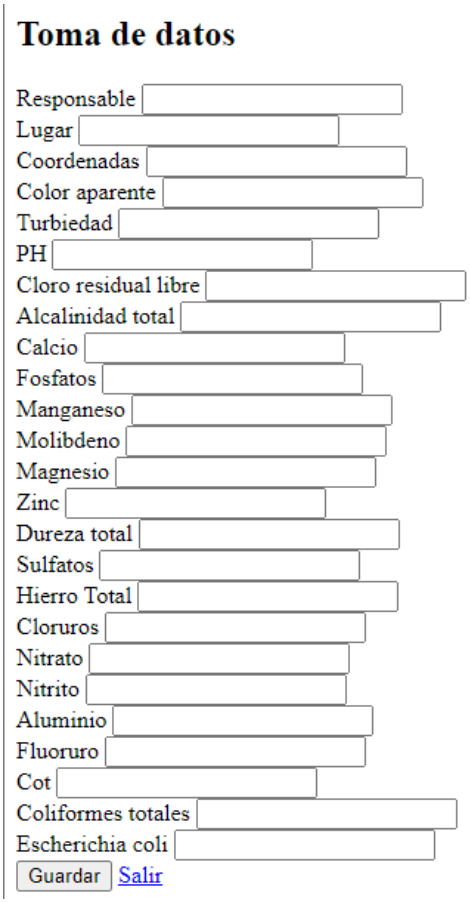


Nota: Elaboración propia.

Sistema de captura de datos

Es un formulario desarrollado por un código PHP de tipo entrada que permite la digitación de datos como se puede evidenciar en la figura 6 consta de 25 espacios que permiten obtener datos tales como el responsable, el lugar, la fecha, las coordenadas en el sistema universal transverse mercator del lugar donde se tomaron las muestras y las 22 características que pueden presentar la muestra de agua.

Figura 6. Formulario captura de datos



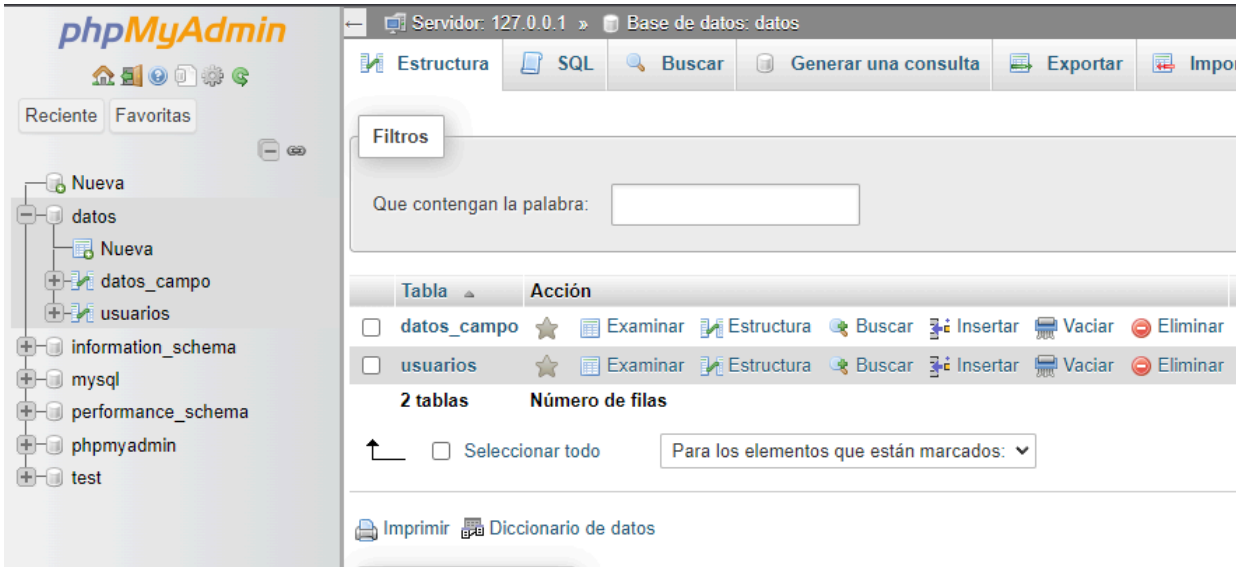
Nota: Elaboración propia.

Este cuenta con 2 botones interactivos los cuales permiten guardar los datos, es decir enviarlos a la base de datos o salir de la actividad una vez finalizada la operación.

Sistema de almacenamiento de datos

Una vez completado la actividad de captura de datos es necesario establecer la conexión con la base de datos mediante un código PHP y además haber creado la base de datos, la cual se encuentra en el administrador de base de datos PhpMyadmin como se puede evidenciar en la figura 7 se creó una carpeta llamada “datos” en donde se encuentran las bases de datos para los usuarios y los datos recuperados del sistema de captura.

Figura 7. Carpetas bases de datos



Nota: Elaboración propia.

Así mismo se creó una tabla dentro de cada carpeta para cada una de ellas los datos que deben ser recolectados por el sistema de captura, permitiendo el ingreso de datos como se evidencia en la figura 8 el ejemplo de una recolección de datos filtrando una característica física, una característica química y una característica microbiológica para los 5 niveles de riesgo posibles de acuerdo a los datos proporcionados en el sistema de captura en el anexo 2.

Figura 8. Tabla datos tomados en campo

Muestra_ID	Muestra_Turbiedad	Muestra_PH	Muestra_Escherichia_coli	Muestra_Pr	Muestra_Nr
1	3	10	1	100	Inviablemente sanitaria
2	3	10	1	70	Nivel de riesgo Alto
3	3	10	0	16.5	Nivel de riesgo Medio
4	0	10	0	7.5	Nivel de riesgo Bajo
5	0	7	0	0	Sin Riesgo

Nota: Elaboración propia.

Sistema de Consulta de datos

Es un apartado el cual mediante un código PHP recupera la información almacenada en la base de datos que permite al usuario consultar los datos recuperados en campo, como se puede evidenciar en la figura 9 se recuperan los datos tomados de las 5 muestras de ejemplo, mostrando los datos correspondientes almacenados en la base de datos.

Figura 9. Consulta de datos

Consulta de datos

Muestra 1

ID:	1	Responsable:	Santiago	Lugar:	Bogotá	Coordenadas (UTM):	4.6304966285319225, -74.06634755812517	Fecha y hora:	2024-03-28 00:24:00	Color aparente:	16	Turbiedad:	3	PH:	10	Cloro Residual Libre:	3	Alcali Total:	

Muestra 2

ID:	2	Responsable:	Santiago	Lugar:	Bogotá	Coordenadas (UTM):	4.6304966285319225, -74.06634755812517	Fecha y hora:	2024-03-28 00:26:59	Color aparente:	16	Turbiedad:	3	PH:	10	Cloro Residual Libre:	1.5	Alca Tota	

Muestra 3

ID:	3	Responsable:	Santiago	Lugar:	Bogotá	Coordenadas (UTM):	4.6304966285319225, -74.06634755812517	Fecha y hora:	2024-03-28 00:34:53	Color aparente:	10	Turbiedad:	3	PH:	10	Cloro Residual Libre:	1	Alcali Total:	

Nota: Elaboración propia.

Por último, en el anexo 3 se puede encontrar el manual de uso para la herramienta de programación la cual consta de instrucciones a seguir para registrar un usuario y realizar el proceso de captura o consulta de datos de acuerdo al rol asignado.

Conclusiones y recomendaciones

La implementación del sistema de gestión de datos realizada mediante programación en PHP y base de datos MySQL cumple con los parámetros establecidos bajo la normativa actual vigente la resolución 2115 de 2007, mediante la cual fue automatizada el proceso de evaluar el puntaje de riesgo para las diferentes características físicas, químicas y microbiológicas que puedan estar presentes en el agua, además de calcular el índice de riesgo de calidad del agua para consumo humano, esto con el fin de generar alertas sobre el nivel de riesgo que presenta la fuente de agua en la salud, de igual forma se garantiza una herramienta que permite el manejo instantáneo de la información con seguridad establecida por validación de datos, con futura disponibilidad en cualquier lugar con acceso a internet una vez se cuente con un servidor y respaldo de información en base de datos.

Lista de Referencias

Cárdenas, D & Patiño, F (2010). ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA COMUNIDAD DE TUTUCÁN, CANTÓN PAUTE, PROVINCIA DEL AZUAY. http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/725/1/ti853.pdf

Fierro, C & Martínez, A. (2020). Diseño de formato en Visual Basic para comparación de resultados (parámetros experimentales Vs parámetros de la norma 2115). Universidad La Gran Colombia. Trabajo de grado.

Calderón, A. (2005). programación de proyectos de construcción de edificaciones. programación de proyectos de construcción de edificaciones. Trabajo de grado. https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7548/tesis118.pdf?sequence=1

IDEAM. (S.F). Indicadores- Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1

Fonseca A. (2018). MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP). https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14018/FonsecaCallejasAngieKatherineAnexo1.pdf

Dueñas M., Dorado L., Espinosa P., & Suescún S (2013). Índice de risco da qualidade da água para consumo humano em zonas urbanas do departamento de Boyacá, Colômbia, 2004-2013. Salud Pública vol.36 no.3 https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v36n3a10

Guzmán, F. & Díaz , L. (2022) Diseño de un sistema de tratamiento de agua potable para el resguardo indígena Embera Katio Gito Docabu. [Trabajo de grado, Fundación Universidad de América] Repositorio Institucional Lumieres. https://hdl.handle.net/20.500.11839/8925

Ministros de la protección social y de ambiente vivienda y desarrollo territorial, “Resolución Número 2115 de 2007,” Minist. la Protección Soc. Minist. Ambient. Vivienda y Desarro. Territ., p. 23, 2007, [En línea]. Disponible: http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Res_2115_de_2007.pdf.

SOFTCODEPM.(2022, JUNIO,05). Sistema CRUD. [VIDEO]. https://www.youtube.com/@softcodepm4199

Anexos

Anexo 1. Puntaje de riesgo

Característica	Puntaje de riesgo
Color Aparente	6
Turbiedad	15
pH	1,5
Cloro Residual Libre	15
Alcalinidad Total	1
Calcio	1
Fosfatos	1
Manganeso	1
Molibdeno	1
Magnesio	1

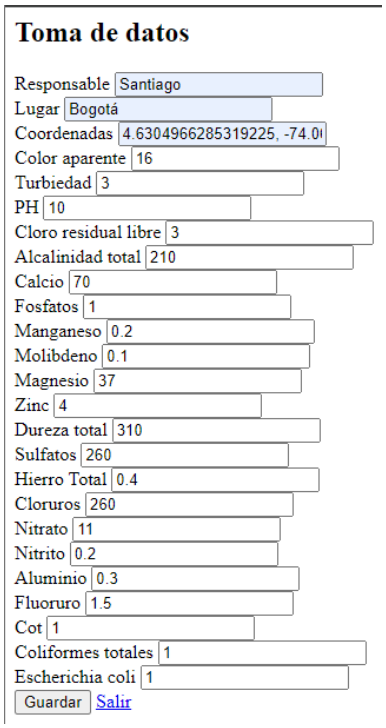
Característica	Puntaje de riesgo
Zinc	1
Dureza Total	1
Sulfatos	1
Hierro Total	1,5
Cloruros	1
Nitratos	1
Nitritos	3
Aluminio (Al3+)	3
Fluoruros	1
COT	3
Coliformes Totales	15
Escherichia Coli	25

Característica	Puntaje de riesgo
Sumatoria de puntajes asignados	100

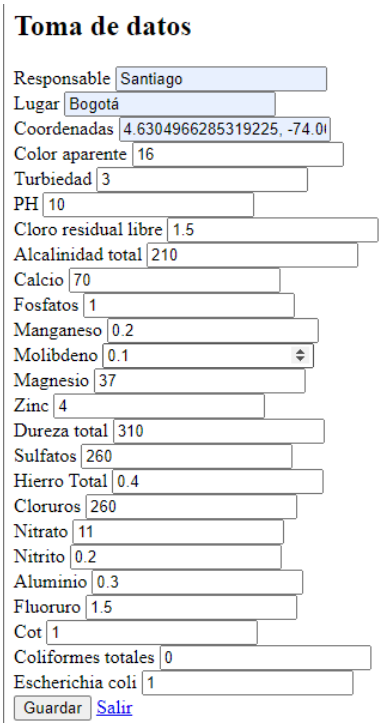
Nota: Adaptado de la resolución 2115 de 2017.

Anexo 2. Registros de prueba

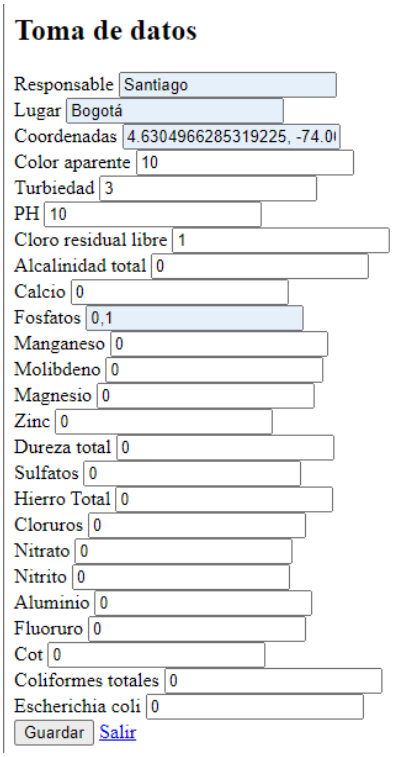
Registro de datos con alerta de Inviablemente sanitaria



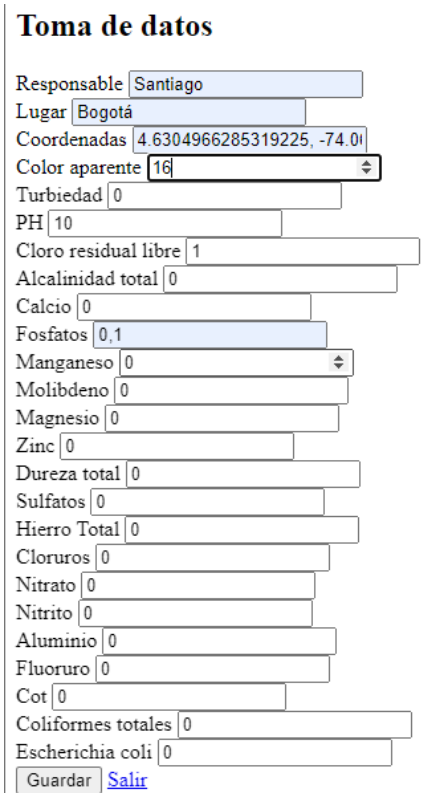
Registro de datos con nivel de riesgo alto



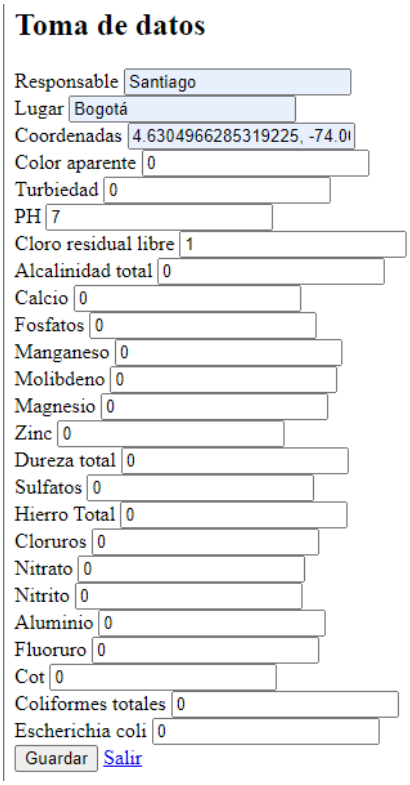
Registro de datos con nivel de riesgo medio



Registro de datos con nivel de riesgo bajo



Registro de datos Sin nivel de riesgo


Toma de datos
Responsable Santiago
Lugar Bogotá
Coordenadas 4.6304966285319225, -74.0
Color aparente 0
Turbiedad 0
PH 7
Cloro residual libre 1
Alcalinidad total 0
Calcio 0
Fosfatos 0
Manganeso 0
Molibdeno 0
Magnesio 0
Zinc 0
Dureza total 0
Sulfatos 0
Hierro Total 0
Cloruros 0
Nitrato 0
Nitrito 0
Aluminio 0
Fluoruro 0
Cot 0
Coliformes totales 0
Escherichia coli 0
Guardar
Salir