

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL
AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

AUTOR

KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL

ASESOR

MARLON EUGENIO VILCHEZ RIVAS

<https://orcid.org/0000-0003-2979-0731>

Chiclayo, 2021

**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA
DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE
LAMBAYEQUE**

**PRESENTADA POR
KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL**

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

APROBADA POR

Ricardo David Iman Espinoza
PRESIDENTE

Huiler Juanito Mera Montenegro
SECRETARIO

Marlon Eugenio Vilchez Rivas
VOCAL

Dedicatoria

A Dios, por ser quien ha permitido culminar esta etapa tan importante de mi vida y por darme la fuerza necesaria para continuar esforzándome día a día

A mi mamá, porque siempre ha estado conmigo en todo momento apoyándome siempre en el trayecto de mi carrera universitaria y sé que desde el cielo lo continúa haciendo

A mi papá, por ser el que me brindó su apoyo diario para concluir este proceso satisfactoriamente. ¡Eres mi ejemplo a seguir!

A mis hermanas por su constante motivación y brindarme su apoyo en todo el trayecto de mi etapa universitaria

Agradecimientos

A Dios, por iluminar mi trayecto universitario, a mis padres, hermanas y demás familiares por brindarme su apoyo, motivación y conocimientos. Gracias a ustedes por impulsarme a mejorar cada día y a culminar satisfactoriamente esta carrera. ¡Lo logramos!

A mis amigos, los mejores que tengo, por brindarme siempre su apoyo en todo momento. Gracias chicos.

A mi asesor de tesis, Ing. Marlon Vílchez Rivas, e Ing. Luis Zuñe Bispo por brindarme sus conocimientos, apoyo y exigencia durante el desarrollo de la presente investigación.

A la empresa, por brindarme el apoyo e información necesaria para el desarrollo de la presente investigación.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción.....	7
Revisión de literatura.....	9
Materiales y métodos	12
Resultados y discusión	13
Conclusiones	27
Recomendaciones	28
Referencias.....	29
Anexos	31

Resumen

El agua destinada al consumo humano es un elemento esencial por lo que debe evitarse su desabastecimiento. La Empresa Prestadora de Servicios de Agua Potable (EPSEL S.A.) es la encargada de la potabilización y distribución de este elemento importante; sin embargo presenta dificultad al controlar el último proceso ocasionando el rebose del agua. Ante esta deficiencia, se realiza una investigación de tipo aplicada con el objetivo de implementar un sistema SCADA para automatización en el proceso de llenado de reservorios para la distribución del agua a la población de la ciudad de Lambayeque. De esta manera, se obtiene un control adecuado del llenado de este reservorio para evitar el rebose del mismo. La aplicación planteada ha sido desarrollada en base a un prototipo siguiendo la metodología SCADA. Para poder constatar su adecuado funcionamiento, ha sido validada de acuerdo a las Normas ISO 9001 y 14001, así como a través del usuario teniendo como resultado la obtención de datos de los sensores implementados en el prototipo y el control respectivo de estos a través de la aplicación. Para concluir, la presente aplicación demuestra la gran utilidad que tienen los sistemas electrónicos actuales en un sistema de automatización aliviando con ello la carga laboral y el manejo manual de accesorios cuyos resultados son inexactos en comparación a los obtenidos en la aplicación conllevando a mejorar, en este caso, no solo los sistemas de almacenamiento y distribución de agua potable en la población de Lambayeque sino la imagen de la empresa EPSEL S.A.

Palabras clave: control automático, automatización, distribución automática, sensores, electrónica.

Abstract

The water intended for human consumption is an essential element so the shortage must be avoided. The Drinking Water Service Provider Company (EPSEL S.A.) is responsible for the purification and distribution of this important element; however, it presents difficulty in controlling the last process causing the overflow of water. Given this deficiency, an applied type of research is carried out with the aim of implementing a SCADA system for automation in the process of filling reservoirs for the distribution of water to the population of the city of Lambayeque. In this way, an adequate control of the filling of this reservoir is obtained to avoid the overflow of the same. The proposed application has been developed based on a prototype following the SCADA methodology. In order to verify its proper functioning, it has been validated according to ISO 9001 and 14001 Standards, as well as through the user resulting in obtaining data from the sensors implemented in the prototype and the respective control of these through the application. To conclude, this application demonstrates the great usefulness of current electronic systems in an automation system there by alleviating the workload and manual handling of accessories whose results are inaccurate in comparison to those obtained in the application leading to improvement, in this case, not only the storage and distribution systems of drinking water in the town of Lambayeque but the image of the company EPSEL S.A.

Keywords: automatic control, automation, automatic distribution, sensors, electronics.

Introducción

En 31 de enero del 2019, la ciudad de Lima, el asentamiento humano San Camilo en el distrito de Independencia quedó totalmente afectado, debido rebosamiento del agua potable contenida en el reservorio, ocasionando daños materiales que afectó a la población de este lugar, donde 9 de cada 10 viviendas quedaron afectadas [1]. Asimismo, el 9 de marzo del 2019, en el mismo distrito en el asentamiento humano Los Jardines de Independencia más de 10 viviendas quedaron inundadas debido al rebose de otro reservorio de almacenamiento de agua, situación que ocurre con cierta frecuencia [2]. Asimismo, en la ciudad de Arequipa, una vivienda fue gravemente afectada debido al rebose de un reservorio, que según el jefe Relaciones Públicas de la empresa Sedapar, Ernesto Delgado, detalló que fue un accidente inusual ya que las válvulas del mencionado reservorio no se cerraron después que este se llenó de agua [3]. En la ciudad antes mencionada, días después, en el centro poblado de la Asociación Señor de los Milagros sucedió otro rebose dejando diez familias damnificadas y todas ellas perdieron sus pertenencias, considerando a la zona de alto riesgo para las inundaciones, en la cual viven aproximadamente 200 familias [4].

En la ciudad de Lambayeque, el abastecimiento del agua potable es efectuado a través de aguas superficiales que son tratadas en la Planta de Tratamiento que se encuentra ubicada a 2 kilómetros de distancia en el sector denominado “El Naranjal”. En dicho establecimiento, la captación del agua proveniente del Río Lambayeque, es realizada de manera manual y que, a través de la Canaleta de Parshall, se llega a medir la cantidad de agua existente; sin embargo, esta información obtenida es imprecisa.

Para poder tratar el agua que ha ingresado, esta pasa por las unidades de presedimentadores, floculadores, filtros y unidades de desinfección, para luego ser impulsada mediante bombeo a los reservorios elevados de 3000m³ que se encuentran ubicados en la Avenida Huamachuco cuadra 1 para después distribuirla a la población mediante redes de distribución. El sistema no cuenta con dispositivos adecuados para el control de llenado del reservorio ubicado en la avenida Huamachuco, que genera el rebose del mismo, y tampoco para determinar cuando este se encuentra vacío generando el corte del servicio. En la avenida antes mencionada, están ubicadas las oficinas comerciales de la empresa, y muchas veces esta área se ha inundado afectando a los equipos de cómputo y a otros bienes de la empresa, por otro lado, los reboses amenazan la integridad de viviendas y otros edificios ubicados en áreas cercanas a estos reservorios.

Asimismo, el cambio climático también afecta en el proceso de potabilización de agua, esto es debido a la variación de la turbidez del agua captada directamente del Río Lambayeque. Por otro lado, el personal encargado de la operatividad de este sistema de la mencionada empresa, no cuentan con una herramienta que sea de utilidad para la recolección de datos y determinar si los reservorios se encuentran llenos o no, y solo lo realizan a criterio propio.

El presente estudio se elabora con la finalidad de crear un sistema SCADA para el manejo por el personal operativo como responsable de la actividad antes indicada, que les permita visualizar en un instante dado el nivel de agua existente en los reservorios de 3000m³, emitiendo una alarma antes del nivel de rebose que permita la suspensión en el llenado del mismo evitando el desperdicio de agua tratada.

Esta actividad va a favorecer positivamente en la población de Lambayeque al transformarse en un mayor número de horas/días de servicio beneficiando a más de 30 mil habitantes dependientes de estos reservorios.

Por consiguiente, de acuerdo al problema identificado anteriormente, ¿De qué manera se puede mejorar el proceso de llenado de los reservorios para distribución del agua a la población de la ciudad de Lambayeque en el año 2020?

La presente investigación se justifica a nivel científico puesto que el proyecto que se está presentando modernizará los sistemas actuales de control de niveles y distribución de agua a la población de Lambayeque, al utilizar métodos de última generación colocando a la ciudad de Lambayeque en un nivel científicamente adelantado. El costo que represente la implementación planteada en el presente proyecto está plenamente justificado, pues reducirá los costos de operación y mantenimiento que en la actualidad se realizan de una manera artesanal. Los resultados que se obtengan una vez puesto en práctica el presente proyecto mejorará el abastecimiento de agua a la población transformándose esta en un mayor número en horas de servicio, los mismos que serán de beneficio para la población usuaria. Por último, para la ejecución del presente estudio, se utilizarán equipos de alta generación, así como equipos móviles de última generación para asegurar la correcta operatividad de los programas a instalar

Para concluir, esta investigación tiene como objetivo general implementar un sistema SCADA para automatización en el proceso de llenado de reservorios para Distribución del Agua a la Población de la Ciudad de Lambayeque. Dentro de los objetivos específicos podemos mencionar los siguientes: Analizar las condiciones de la potabilización del agua, desarrollar el sistema de automatización a través de SCADA, validar el sistema de automatización a través de la ISO 9001, validar el sistema SCADA a través de la ISO 14001 y validar el sistema de automatización a través del usuario.

Revisión de literatura

Para que la presente investigación se lleve a cabo, se desarrolla una búsqueda y análisis de informes similares de otros autores como referentes para la ejecución planteada y para el incremento de conocimientos en base al tema presentado. Primero se realiza el análisis de los informes similares basados en otros autores. Quispe [5] detalla que en una planta de cal, el control del llenado de los vagones se realiza de manera manual y, en ocasiones ha habido un exceso de carga por no tener un adecuado monitoreo. El prototipo que utilizó fue para el apoyo de toma de decisiones a nivel gerencial beneficiando en el desarrollo de su investigación obteniendo como solución la comunicación de PLC por wifi así como SCADA con LabView para un mejor manejo de datos del llenado de vagones. El valor agregado en esta investigación es que el autor realizó un software a través de RSVIEW32 utilizando Ethernet TCP/IP satisfaciendo a los usuarios dado que pueden controlar y monitorear los procesos a través de una interfaz gráfica. Esta tesis fue tomada en cuenta por su desarrollo haciendo uso de SCADA para un proceso de control y monitoreo en llenado de vagones. Por otro lado, Rodríguez [6] en su investigación narra que debido a la falta de control de los reservorios de agua potable, han ocurrido con frecuencia reboses de los tanques de almacenamiento, así como el colapso de las tuberías. Para ello, aplicó la Escala Likert que calificará el estado en el que se encuentran la situación, así como emplea un prototipo para el desarrollo de estos sistemas basados en SCADA logrando así un adecuado control en los tanques existentes en la empresa. Fue desarrollada basada en un Algoritmo y que a través de una red inalámbrica estándar permitió solucionar el problema. Para concluir, el autor empleó el estándar IEEE 802.15.4 otorgando fiabilidad en los datos y seguridad en ellos demostrando la eficiencia y eficacia del software desarrollado. Esta tesis fue considerada dado que el autor desarrolló un prototipo para la demostración del proceso automatizado empleando SCADA.

La fuente abastecimiento de agua para el consumo humano en la ciudad de Lambayeque es superficial, es decir proviene del Río Lambayeque o conocido también canal San Romualdo; el río Lambayeque es derivación del Río Chancay en el partidor llamado “La Puntilla” en el distrito de Chongoyape.

El agua se capta mediante un sistema de compuertas en el ingreso a la Planta de Tratamiento de Agua 02 ubicado a dos kilómetros al este de esta ciudad de Lambayeque en un caudal promedio de 160 lts/seg, acumulándose inicialmente en pozas de presedimentación, de las cuales por rebose pasan a la zona de mezcla rápida en la cual se adiciona insumos químicos floculantes como sulfato de aluminio y sulfato de cobre, para pasar a las pozas de floculación y decantación conformadas por láminas o placas planas de material asbesto cemento en las cuales se adhieren las partículas de turbidez del agua; de ellas, el agua pasa a los denominados filtros que son pozas con relleno parcial por capas de grava y arena gruesa de donde, por presión inversa, el agua es depositada en una cisterna en la cual recibe una dosificación de cloro gas que desinfecta y potabiliza el agua tratada.

De esta cisterna mediante equipos de bombeo constituidos por electrobombas (3) el agua tratada es succionada e impulsada por una tubería Ø14” (línea de impulsión) hacia el reservorio elevado de 3 000 m³ ubicado en las instalaciones de Planta 1.

En la Planta 1, ubicada en el cercado de Lambayeque, el agua tratada proveniente de Planta 2 es acumulada en el reservorio de 3 000 m³ y a través de válvulas de control tipo compuerta instaladas en la línea de aducción o descarga, distribuida a las redes de abastecimiento a la población usuaria.

También el reservorio antes indicando cuenta con una tubería de rebose y limpia con la cual descarga hacia el sistema de alcantarillado y es útil para el control del rebose de agua durante su llenado y evacuación de agua durante la limpieza interna del mismo.

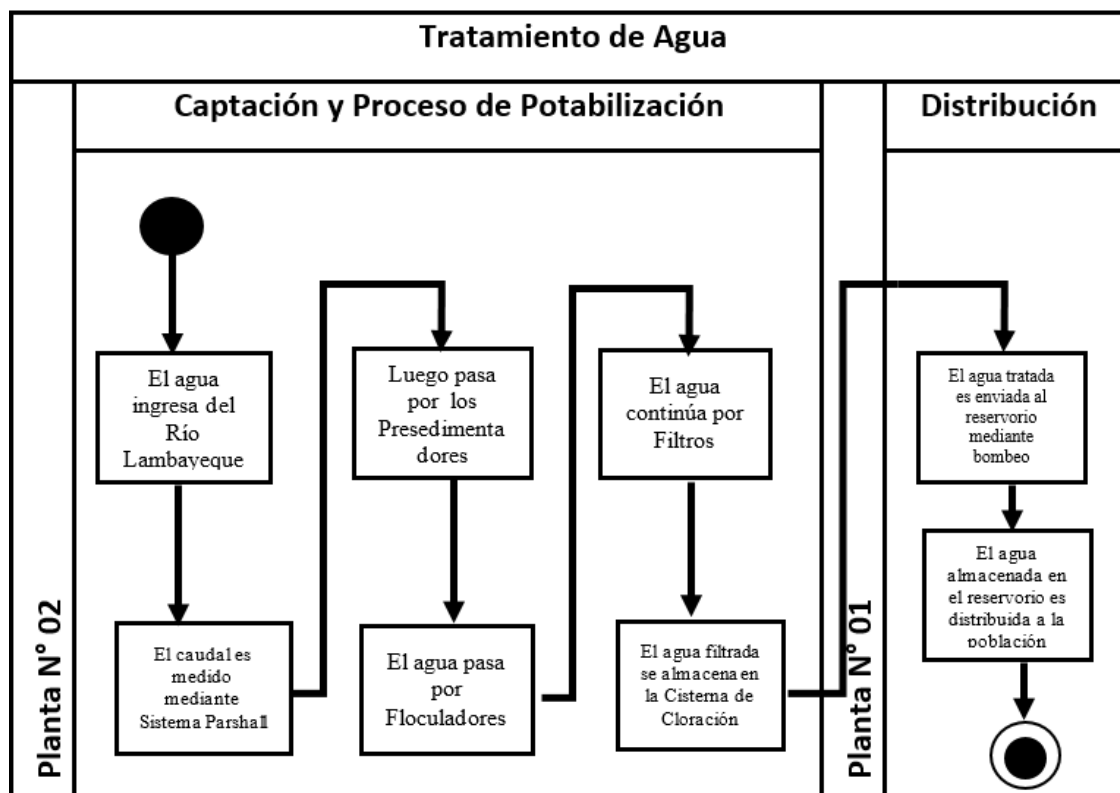


Fig. 1. Tratamiento de Agua

Por otro lado, con respecto a la aplicación móvil, su principal ventaja es la comunicación de manera directa entre los usuarios facilitando su uso y brindan buena experiencia al usuario. Por tal motivo los entornos de desarrollo que se adecúan para la elaboración de una aplicación móvil son App Inventor que aquel entorno encargado de crear aplicaciones para diversos equipos móviles de manera visual e intuitiva [7]. Para crear una aplicación móvil con MIT App Inventor se debe tener en cuenta tres fases [8]: diseñador pantallas en donde se crean diversas pantallas que conformarán la aplicación, editor de bloques permitiendo programar de manera intuitiva y visual y generador de aplicaciones, en donde al terminar el diseño de la aplicación se genera un instalador. Asimismo, se tiene al entorno de desarrollo de Processing que es un lenguaje de programación en donde se codifica por medio de artes visuales, de esta manera se crea un vínculo entre la tecnología y el diseño estimulando la creatividad a través de la programación [9]. Este lenguaje presenta las siguientes características [10]: su descarga es de manera gratuita y es de código abierto, presenta programas interactivos con diferentes salidas 2D, 3D, PDF o SVG, contiene integración OpenGL tanto para 2D y #D de manera acelerada y es compatible para GNU/Linux, Mac OS X, Windows, Android y ARM.

Con respecto a los Gestores de Base de Datos, en primer lugar, MySQL es un sistema gestor de base de datos multihilo y multiusuario que normalmente se utiliza en aplicaciones de software libre siendo el más extendido y con doble licencia [11]. Las características principales de MySQL son [12]: Su funcionamiento se basa en el modelo Cliente – Servidor permitiendo la comunicación de ambos y obtener un buen rendimiento, MySQL es compatible con SQL dado a que este último es un lenguaje generalizado, permite la configuración de vistas personalizadas, utiliza procedimientos almacenados incrementando la eficacia de la implementación, permite automatizar tareas dentro de la base de datos que se ha creado y permite realizar transacciones en la base de datos. Las principales ventajas de MySQL son [11]: su uso es de manera sencilla y otorga gran rendimiento, su instalación y configuración se realizan de manera rápida y sencilla, presenta un soporte multiplataforma y brinda soporte SSL.

Como segunda opción, PostgreSQL es un gestor de base de datos que está orientado a objetos, su licencia es gratuita y es de código abierto [11]. En la actualidad, es uno de los gestores de base de datos más potentes presentando fácil accesibilidad, se encuentra disponible en la mayoría de los sistemas operativos y es multiplataforma [13]. PostgreSQL presenta las siguientes características principales [11]: posee flexibilidad con respecto a los lenguajes de programación, es multiplataforma, posee una herramienta sencilla e intuitiva, presenta estabilidad, eficiencia y robustez; y las ventajas que presenta son: Su instalación es gratuita, la mayoría de sus funcionalidades están basadas en el estándar SQL y contiene un foro en la web que brinda soporte y ayuda al usuario. Por último, Firebase Realtime Database es una base de datos alojada en la nube, sus datos se almacenan en formato JSON y se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado. Sus ventajas son: No es necesario el apoyo de web services, api, rest, entre otros; es multiplataforma que permite la misma lógica para cada lenguaje de programación y está disponible para Android, iOS, C++ y Node.js [14].

Por el lado de automatización se encuentran los sensores y el software en donde se da lectura de los sensores. Un sensor es aquel elemento de medición cuya función es la detección de la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una determinada señal para que el sistema pueda procesarla [15]; mientras que Arduino es una plataforma de código abierto que sirve para la creación de electrónica [16]. Está basada en una placa en donde incorpora un microcontrolador que se puede reprogramar [17]. Sus características principales son: Presenta un gran alcance con una documentación extensa, es multiplataforma, su lenguaje de programación es sencilla y es reutilizable y versátil.

Para el desarrollo de la presente investigación se hace uso de sensores que son procesados al software Arduino, el cual se encuentra conectado a la Base de Datos que es Firebase Realtime Database y este mostrará los datos almacenados a app Inventor; asimismo se emite un mensaje de alerta que está dado por la aplicación Pushbullet en donde se indica el nivel de tanque de distribución ya sea bajo o lleno.

Materiales y métodos

La presente investigación se consideró de tipo aplicada [18] dado que la presente tesis aplica los conocimientos tecnológicos en una propuesta de investigación. Asimismo, los métodos de investigación que se emplearon fueron las siguientes: Analítico, utilizado para el estudio y análisis del problema que presenta la organización; deductivo, aplicado en la estrategia para el planteamiento de la propuesta de solución al problema; e implementación, que fue para la ejecución la propuesta de solución. Por otro lado, las técnicas aplicadas para la recolección de datos son: Entrevista al Jefe Zonal con la finalidad de recolectar información acerca del proceso que se realiza desde la Planta 2 hacia la Planta 1, revisión documental para verificar la existencia de documentos que avalen el proceso de potabilización, observación al operador mediante lista de cotejo y guía de observación para anotar incidencias de rebose del agua del tanque de distribución y evaluar desplazamientos del operador.

Con respecto a la metodología de desarrollo se utilizó la Metodología para Desarrollar Sistemas tipo SCADA en donde se desarrollaron cinco elementos básicos. El primer elemento básico es la de investigación preliminar la cual contiene actividades como documentación del proyecto en general para conocer las necesidades reales de este, características principales del sistema operativo donde se ejecutará el sistema, características de los sistemas y administradores de bases de datos, características de las metodologías de desarrollo, características de los modelos de desarrollo, características de los lenguajes de programación, características de los controladores existentes en el mercado. Como segundo elemento básico se tiene a la determinación de los requisitos y requerimientos cuyas actividades están comprendidas por comprender el problema, el dominio y el modelo de negocio. Asimismo para el tercer elemento básico que es el proceso de desarrollo se determinaron las actividades que estuvieron comprendidas en dos ejes en donde el primero es de desarrollo de software y el segundo es de los controladores / automatizador. Para el cuarto elemento básico en donde se desarrollaron la implementación y evaluación, las actividades que se tomaron en cuenta fueron: Generar un instalador del SW, que desempaquete e instale el software completo en el nuevo equipo; probar la conectividad del equipo de control con el sistema, probar la comunicación de forma bidireccional, realizar pruebas generales de la funcionalidad del sistema con la maquinaria, realizar pruebas de los paros y los diversos tipos de fallas, documentación reportando todas las pruebas que fueron realizadas, documentación de todos los fallos o errores en el software que fueron detectados y la documentación de los correctivos realizados. Por último, en el quinto elemento básico que es el cumplimiento de normas se desarrollaron dos actividades siendo la primera la propuesta para la ISO 9001:2015 según el ciclo PHVA-Deming y PMBOK, mientras que la segunda propuesta es la propuesta para la ISO 14001 según PMBOK.

Resultados y discusión

Con respecto a los resultados, estos se realizaron en base a la metodología, en este caso Metodología para Desarrollar Sistemas tipo SCADA teniendo en cuenta los elementos básicos: Investigación preliminar, determinación de los requisitos y requerimientos, proceso de desarrollo, implementación y evaluación, y cumplimiento de normas; asimismo se tomaron en cuenta los objetivos específicos los cuales son presentados a continuación:

- Resultados según la metodología

En cuanto a la metodología, se toma en cuenta los cinco elementos básicos que a continuación se presentan con su respectivo desarrollo:

1. Investigación Preliminar

En este primer elemento básico, se realizó el análisis del contexto actual de la empresa para conocer la realidad de la organización en donde la empresa antes mencionada brinda servicios de abastecimiento de agua potable; cuenta con dos plantas de tratamiento, la Planta N° 02 que se encarga de potabilizar este líquido proveniente del canal San Romualdo y, para su debida desinfección, pasa por diversos procesos o filtros hasta que se encuentre apta al consumo. Al terminar el proceso de filtrado, pasa a la Planta N° 01 en donde el agua es almacenada en un tanque de distribución; sin embargo, no existe un adecuado control al momento del llenado de este reservorio elevado lo que produce el rebose del mismo. Todo ello genera el desperdicio de este vital elemento así como pérdidas materiales como equipos tecnológicos cercanos y malestar a la población que se encuentra alrededor de la empresa.

Por otro lado, se definieron las características principales del sistema operativo donde se ejecuta el sistema, en este caso Android, cuyas características se presentan a continuación:

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA OPERATIVO

Sistema Operativo	
Característica	Descripción
Nombre y versión de Android	Huawei 9
Versión de hardware	HL1JATM
Memoria instalada (RAM)	2.0 GB en total
Memoria interna	32.00 GB
Disco Duro	931.51 GB, 500 MB reservado para el sistema
Resolución	1560 x 720
Modelo	MRD-LX3
Licencia	Licencia actualizada para Windows 10 Enterprise 2016

Asimismo se hizo un análisis comparando los administradores de bases existentes en el mercado como MySQL, PostgreSQL y Firebase Realtime Database siendo este último el que posee las características adecuadas para el desarrollo de la investigación:

TABLA II
ADMINISTRADOR DE BASE DE DATOS FIREBASE REALTIME DATABASE

Firestore Realtime Database	
Ítem	Descripción
Características generales	<ul style="list-style-type: none"> - Base de datos alojada en la nube. - Los datos se almacenan en formato JSON - Se sincronizan en tiempo real con cada cliente conectado
Concepto	Almacena y sincroniza datos con nuestra base de datos NoSQL alojada en la nube. Los datos se sincronizan con todos los clientes en tiempo real y se mantienen disponibles cuando la app no tiene conexión.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> - No es necesario el apoyo de web services, api, rest, entre otros. - Es multiplataforma que permite la misma lógica para cada lenguaje de programación. - Disponible para Android, iOS, C++ y Node.js
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> - Máximo 100 conexiones simultáneas. - Firebase está enfocado en apps móviles, no en la web. - Pruebas en la nube de manera limitada

Por último se determinó el entorno de programación en donde se desarrolla la aplicación móvil que es App Inventor cuyas características se presentan a continuación:

TABLA III
LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN APP INVENTOR - JAVA

App Inventor - JAVA	
Características	Descripción
Breve descripción	Entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Está basado en Java Scheme.
Popularidad	Apareció en 2008
Compilador	Traduce el lenguaje visual de los bloques para la aplicación en Android, utiliza Kawa como lenguaje de programación.
Facilidad de Uso	Código manejable, visualización de resultados
Dispositivos para conexión	Arduino, Android

2. Determinación de los Requisitos y Requerimientos

Ante la situación actual de la empresa y el proceso que realiza el caudal desde su captación hasta su distribución se formularon los siguientes requerimientos:

TABLA IV
DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS

Requerimientos Funcionales	Requerimientos No Funcionales
<ul style="list-style-type: none"> • El sistema debe permitir el registro de la cantidad de agua que ingresa • El sistema debe permitir el registro de la cantidad de agua que se ha almacenado • El sistema debe permitir el registro de la cantidad de agua almacenada después de su distribución • El sistema debe generar reportes de la cantidad almacenada • El sistema debe generar reportes de la cantidad distribuida 	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema se desarrollará de acuerdo a la cantidad de equipos móviles (celulares) existentes en la empresa. • El sistema debe ser compatible con la versión del Sistema Operativo Android. • El sistema debe ser desarrollado en AppInventor • El software debe apoyar al ciclo PHVA-Deming de la ISO 9001. • El software debe apoyar a la Identificación y Comunicación con todas las partes interesadas de la ISO 14001.

3. Proceso de Desarrollo

Después de haber realizado el análisis de la situación actual de la empresa, la selección del entorno de programación, el medio de visualización de datos y los requerimientos funcionales y no funcionales, se procedió realizar el proceso del software

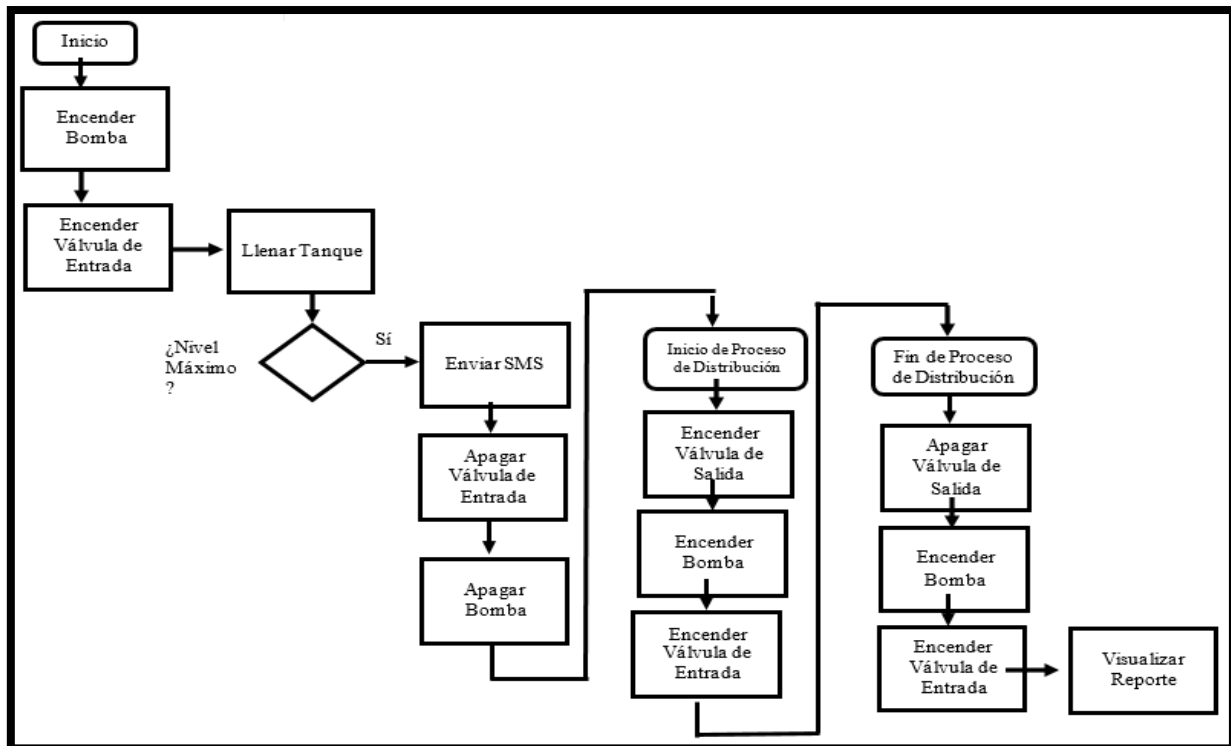


Fig. 2. Diagrama del Proceso de Software

Asimismo se procedió a la implementación de la aplicación móvil el cual tendrá a cargo el control y monitoreo del tanque de distribución de agua, así como el horario de turno y sus reportes correspondientes de acuerdo al proceso generado.

Al iniciar sesión con los datos correctos se muestra la interfaz “Menú Principal” que contiene tres acciones distintas, la primera que es Supervisión en donde se controla el sistema instalado en el prototipo, así como se visualiza los datos obtenidos de los sensores; el segundo que es “Horarios” está comprendido por los turnos en el que se distribuye el agua; y el tercero por “Reportes” que se muestra los datos que se han obtenido dependiendo una fecha y hora ingresada en la misma aplicación.

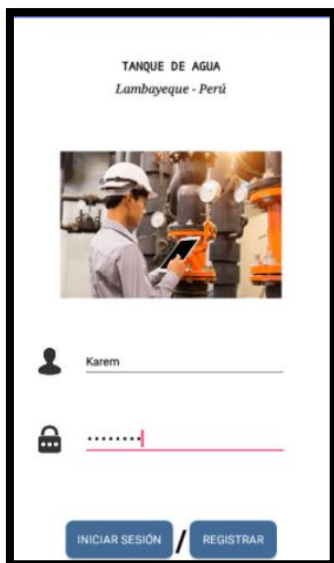


Fig. 3. Propuesta Final Inicio de Sesión



Fig. 4. Propuesta Final de Menú Principal

Al seleccionar en la primera opción de la interfaz “Menú Principal” se muestra la interfaz “Supervisión de Nivel de Tanque” en donde se muestra el nivel del tanque, el estado de la válvula de entrada, el flujo del agua al momento que ingresa a través de la línea de impulsión, el estado de la bomba (si esta se encuentra encendida o apagada), estado de la válvula de salida y el flujo del agua cuando sale a través de la línea de aducción indicando el abastecimiento. Asimismo se muestra el comportamiento del agua en tiempo real. Por último, en la parte inferior se encuentran dos opciones con sus respectivos botones permitiendo el control del sistema y las válvulas tanto de entrada como de salida.

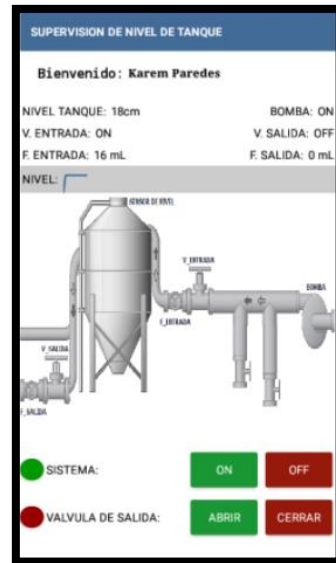


Fig. 5. Propuesta Final de Supervisión de Nivel de Tanque

Al seleccionar en la segunda opción del Menú Principal, se muestra la interfaz “Horarios” visualizándose los tres turnos fijos (mañana, tarde y noche) que la empresa otorga en el servicio del agua; sin embargo, esta interfaz cuenta con un botón Modificar permitiendo cambiar el horario cuando realice mantenimiento de tuberías, limpieza de pozas, entre otros. Al finalizar su labor y llegada la hora modificada, el sistema inicia el proceso de distribución del agua a la población.



Fig. 6. Propuesta Final de Horarios

En la tercera opción del Menú Principal se habilita la interfaz “Reportes” en donde se encuentran dos botones, Generar Reporte y Buscar Reporte. En la primera opción, después de haber terminado el proceso de distribución del agua, el usuario selecciona esta opción para generar el reporte correspondiente del día. En la segunda opción, el usuario ingresa la fecha y la hora del turno para la visualización de los datos (nivel del agua, flujo de entrada y flujo de salida).

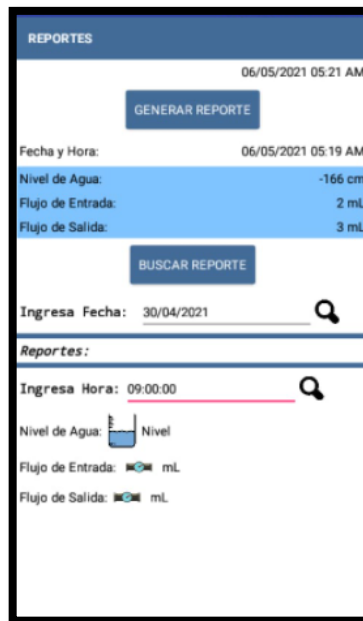


Fig. 7. Propuesta Final de Reportes

4. Implementación y Evaluación

Después de haber desarrollado el software, se generó un instalador del software (apk) permitiendo la ejecución de la aplicación móvil que debe funcionar junto a la aplicación Pushbullet. Se instaló la aplicación principal en donde se encuentra el sistema de control (*figura 8*) y la aplicación Pushbullet que es aquella que notificará al usuario si el tanque de agua se encuentra lleno (*figura 9*).



Fig. 8. App EPSEL_SOFT



Fig. 9. Pushbullet Mensajes

Para comprobar su correcto funcionamiento se hicieron diversas pruebas como la de conectividad del equipo de control con el sistema, la comunicación bidireccional, paros y fallas, revisión de la base de datos y obtención de los datos en la aplicación móvil obteniendo el funcionamiento correcto del software implementado con el prototipo desarrollado.



Fig. 10. Prototipo

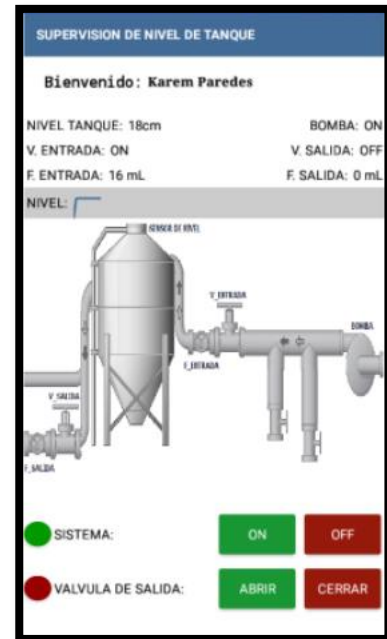


Fig. 11. Supervisión de Nivel de Tanque

5. Cumplimiento de Normas

Para el cumplimiento de normas se realizaron dos propuestas: La primera para la ISO 9001:2015 según el Ciclo PHVA – Deming y PMBOK el cual consta de planificar, hacer, verificar y actuar en donde se procedió a desarrollar cada proceso para su posterior validación.

De la misma manera se realizó para el cumplimiento de la ISO 14001 según PMBOK teniendo en cuenta los siguientes factores: Liderazgo y compromiso, comprender el contexto de la organización, identificación y comunicación de las partes interesadas.

- **Resultados según los objetivos**

1. Analizar las condiciones de la potabilización del agua

Para el cumplimiento del primer objetivo específico, fue necesario realizar una encuesta al Jefe Zonal sobre el problema existente en la empresa y recopilar toda la información para la elaboración del sistema. A continuación se presenta los respectivos indicadores del primer objetivo junto a la descripción del logro que se ha obtenido.

TABLA V
LOGRO DE INDICADORES DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Indicadores	Descripción del logro obtenido
Frecuencia de captación del agua	La frecuencia de captación del agua está dada por un flujómetro, obteniendo los datos y mostrándolos en la aplicación.
Número de alertas de desborde en el reservorio	El número de alertas está dado en un mensaje que se envía al usuario al momento del nivel máximo del agua. Asimismo, se procede a cerrar la bomba y válvula de entrada.
Nivel de agua almacenada en el reservorio	El nivel agua almacenada en el reservorio se cumple en la cantidad almacenada, obtenida del sensor y mostrada en la aplicación.
Frecuencia de llenado del tanque de distribución	La frecuencia de llenado del tanque de distribución se cumple en la visualización en la aplicación
Número de alertas de desborde de la cantidad de agua almacenada en el tanque de distribución.	El número de alertas se cumple en la automatización del proceso.

2. Desarrollar el sistema de automatización a través de SCADA

Para el cumplimiento del segundo objetivo específico, se procedió a implementar el prototipo y la aplicación móvil EPSEL_SOFT, de esta manera se cumple con el indicador “Nivel de calidad del agua otorgada por el sistema.

TABLA VI
LOGRO DE INDICADORES DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Indicadores	Descripción del logro obtenido
Nivel de calidad del agua otorgada por el sistema	Este objetivo se está cumpliendo debido a que el sensor ultrasónico capta el nivel de agua y se muestra en la aplicación.

3. Validar el sistema de automatización a través de la ISO 9001

El sistema de automatización ha sido validado de acuerdo a la ISO 9001. Es por ello que, haciendo uso de la estructura basada en el Ciclo PHVA – Deming y PMBOK, se cumple con el indicador “Nivel de validación según la ISO 9001”. Asimismo, se realizó una evaluación a los actores que participan de la propuesta en donde califican su conformidad de acuerdo a ítems.

○ Validación realizada por operador de Planta 01

EVALUACIÓN

La presente calificación es para evaluar, según la Norma ISO 9001:2015, la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el video realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	1	2	3	4	5
PLANIFICAR					
¿Se realizaron entrevistas para la obtención de información sobre el proceso de potabilización del agua?					✓
¿Se realizaron entrevistas para la obtención de información sobre el proceso de distribución del agua?			✓		
¿Se tomaron en cuenta las necesidades de los actores que intervienen en los procesos de potabilización y distribución de agua?					✓
¿Se tomaron en cuenta las expectativas de los actores que intervienen en el proceso de distribución del agua?					✓
HACER					
¿Se presentaron los objetivos del Proyecto desarrollado?					✓
¿Se tomaron en cuenta las capacidades de los recursos internos existentes en la empresa?					✓
¿Se tomaron en cuenta las limitaciones de los recursos internos existentes en la empresa?					✓
VERIFICAR					
¿Se presentaron los resultados obtenidos de la propuesta?					✓
¿Los resultados obtenidos de la propuesta satisfacen sus necesidades?				✓	
ACTUAR					
¿Se presentó la propuesta final a la empresa?				✓	

Fig. 12. Primer Resultado de la validación según la ISO 9001:2015

○ Validación realizada por operador de Planta 02

EVALUACIÓN

La presente calificación es para evaluar, según la Norma ISO 9001:2015, la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el video realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	1	2	3	4	5
PLANIFICAR					
¿Se realizaron entrevistas para la obtención de información sobre el proceso de potabilización del agua?					×
¿Se realizaron entrevistas para la obtención de información sobre el proceso de distribución del agua?					×
¿Se tomaron en cuenta las necesidades de los actores que intervienen en los procesos de potabilización y distribución de agua?			×		
¿Se tomaron en cuenta las expectativas de los actores que intervienen en el proceso de distribución del agua?					×
HACER					
¿Se presentaron los objetivos del Proyecto desarrollado?					×
¿Se tomaron en cuenta las capacidades de los recursos internos existentes en la empresa?					×
¿Se tomaron en cuenta las limitaciones de los recursos internos existentes en la empresa?			×		
VERIFICAR					
¿Se presentaron los resultados obtenidos de la propuesta?					×
¿Los resultados obtenidos de la propuesta satisfacen sus necesidades?					×
ACTUAR					
¿Se presentó la propuesta final a la empresa?				×	

Fig. 13. Segundo Resultado de la validación según la ISO 9001:2015

4. Validar el sistema SCADA a través de la ISO 14001

El sistema de automatización ha sido validado de acuerdo a la ISO 14001. Es por ello que, haciendo uso de la estructura basada en PMBOK, se cumple con el indicador “Nivel de validación según la ISO 14001”. Asimismo, para validar el cumplimiento de la aplicación tomando como referencia los factores ambientales, se realizó una evaluación a los actores que participan de la propuesta en donde califican su conformidad de acuerdo a ítems.

- Validación realizada por operador de Planta 01

EVALUACIÓN

La presente calificación es para evaluar, según la Norma ISO 14001, la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el video realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

1: Totalmente en desacuerdo
 2: En desacuerdo
 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
 4: De acuerdo
 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	1	2	3	4	5
LIDERAZGO Y COMPROMISO					
¿Se consideraron los aspectos generales de la empresa?					X
¿Se consideraron los aspectos de la Zonal Lambayeque?				X	
¿Se consideraron las habilidades del Jefe Zonal?					X
¿Se consideraron las habilidades del Operador?					X
COMPRENDER EL CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN					
¿Se consideró el funcionamiento de la empresa?					X
¿Se tomaron en cuenta los factores ambientales internos de la empresa?				X	
¿Se tomaron en cuenta los factores ambientales externos de la empresa?				X	
IDENTIFICACIÓN Y COMUNICACIÓN CON TODAS LAS PARTES INTERESADAS					
¿Se tuvieron en cuenta las partes interesadas?				X	
¿Se desarrolló en base a la comunicación de las partes interesadas?					X
¿Se determinó la importancia del proyecto?				X	
¿La aplicación obtenida es confiable?					X
¿La aplicación obtenida se encuentra disponible para los actores que participan en la propuesta?					X
¿La aplicación es fácil de usar cumpliendo las expectativas propuestas?					X

Fig. 14. Primer Resultado de la validación de la ISO 14001

- Validación realizada por operador de Planta 02

EVALUACIÓN

La presente calificación es para evaluar, según la Norma ISO 14001, la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el video realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

1: Totalmente en desacuerdo
 2: En desacuerdo
 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
 4: De acuerdo
 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	1	2	3	4	5
LIDERAZGO Y COMPROMISO					
¿Se consideraron los aspectos generales de la empresa?					✓
¿Se consideraron los aspectos de la Zonal Lambayeque?					✓
¿Se consideraron las habilidades del Jefe Zonal?				✓	
¿Se consideraron las habilidades del Operador?					✓
COMPRENDER EL CONTEXTO DE LA ORGANIZACIÓN					
¿Se consideró el funcionamiento de la empresa?					✓
¿Se tomaron en cuenta los factores ambientales internos de la empresa?				✓	
¿Se tomaron en cuenta los factores ambientales externos de la empresa?				✓	
IDENTIFICACIÓN Y COMUNICACIÓN CON TODAS LAS PARTES INTERESADAS					
¿Se tuvieron en cuenta las partes interesadas?					✓
¿Se desarrolló en base a la comunicación de las partes interesadas?					✓
¿Se determinó la importancia del proyecto?					✓
¿La aplicación obtenida es confiable?					✓
¿La aplicación obtenida se encuentra disponible para los actores que participan en la propuesta?					✓
¿La aplicación es fácil de usar cumpliendo las expectativas propuestas?				✓	

Fig. 15. Segundo Resultado de la validación de la ISO 14001

5. Validar el sistema de automatización a través del usuario

El sistema de automatización ha sido validado por las personas que intervienen en uso de la aplicación EPSEL_SOFT cumpliendo así con el indicador “Nivel de validación según el usuario”. Asimismo, para validar la satisfacción del usuario, se realizó una evaluación a los actores que participan de la propuesta en donde califican su conformidad de acuerdo a ítems (*Anexo N° 02*).

- Validación realizada por Gerente Operacional

EVALUACIÓN


La presente evaluación es para determinar su grado de satisfacción referente a la implementación de la investigación que tiene como título: "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el video realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	GRADO DE SATISFACCIÓN				
	1	2	3	4	5
¿El prototipo elaborado representa con un grado de similitud elevado a la estructura de la empresa?				X	
¿La aplicación móvil EPSEL_SOFT le permite realizar un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?				X	
¿Los resultados de la aplicación móvil EPSEL_SOFT tienen alto grado de certeza con respecto al proceso de distribución de agua?					X
¿Los datos obtenidos y mostrados en la aplicación móvil EPSEL_SOFT le resultan confiables?					X
¿La aplicación móvil le resulta fácil de entender y manejar para un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?				X	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA APLICACIÓN



KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL
GERENTE OPERACIONAL
CHICLAYO

Fig. 16. Primer Resultado de la Validación a través del Usuario

- Validación realizada por Supervisor de Planta de Lambayeque

EVALUACIÓN

La presente evaluación es para determinar su grado de satisfacción referente a la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el vídeo realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	GRADO DE SATISFACCIÓN				
	1	2	3	4	5
¿El prototipo elaborado representa con un grado de similitud elevado a la estructura de la empresa?					X
¿La aplicación móvil EPSEL_SOFT le permite realizar un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?					X
¿Los resultados de la aplicación móvil EPSEL_SOFT tienen alto grado de certeza con respecto al proceso de distribución de agua?					X
¿Los datos obtenidos y mostrados en la aplicación móvil EPSEL_SOFT le resultan confiables?					X
¿La aplicación móvil le resulta fácil de entender y manejar para un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?				X	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA APLICACIÓN




Fig. 17. Segundo Resultado de la Validación a través del Usuario

- Validación realizada por operador de Planta 02

EVALUACIÓN

La presente evaluación es para determinar su grado de satisfacción referente a la implementación de la investigación que tiene como título "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" cuyo resultado se puede apreciar en el vídeo realizado por la estudiante KAREM DANIELA PAREDES SANDOVAL.

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

ÍTEM	GRADO DE SATISFACCIÓN				
	1	2	3	4	5
¿El prototipo elaborado representa con un grado de similitud elevado a la estructura de la empresa?				X	
¿La aplicación móvil EPSEL_SOFT le permite realizar un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?					X
¿Los resultados de la aplicación móvil EPSEL_SOFT tienen alto grado de certeza con respecto al proceso de distribución de agua?					X
¿Los datos obtenidos y mostrados en la aplicación móvil EPSEL_SOFT le resultan confiables?					X
¿La aplicación móvil le resulta fácil de entender y manejar para un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?				X	

OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA APLICACIÓN

Fig. 18. Tercer Resultado de la Validación a través del Usuario

El presente estudio trata de automatizar el actual sistema de abastecimiento y distribución de agua potable en la ciudad de Lambayeque y para ello se ha formulado el programa para que mediante una aplicación móvil permita establecer una correspondencia automática entre los puntos distantes, el primero en la zona de producción y tratamiento de agua potable y el segundo, el nivel de llenado en el reservorio para su correcta distribución a la población con un sistema de indicadores de niveles y alarma para que, automáticamente cierren los sistemas de llenado del reservorio principal (de 3 000 m³) evitando el rebose del mismo y por consiguiente el desperdicio del agua tratada con riesgo de inundación en ambientes administrativos tal como lo menciona también [19], de esta manera se estaría garantizando seguridad al momento de realizar la distribución de este elemento.

Considerando lo indicado, la aplicación propuesta consiste en instalar un aplicativo móvil conteniendo dispositivos que permitan visualizar los siguientes parámetros: Nivel del agua del tanque de distribución, cantidad de agua en su sistema de ingreso al reservorio y sistema de descarga, estado de encendido y apagado de equipos de bombeo en Planta 2, control de operación de válvulas en la línea de impulsión y aducción, control digital de equipos de bombeo y sistemas de válvulas en caso de emergencia.

Para la elaboración del presente proyecto, se tomó como ejemplo las investigaciones de [20], [5] y [21] en donde la empresa de la primera investigación no contaba con un control adecuado de equipos eléctricos; en la segunda, no tenían un control en el llenado de vagones en una planta de cal; mientras que en la tercera, el nivel de calor en el proceso de llenado no era controlado por lo que ocasionaba grandes pérdidas. Ante ello, decidieron utilizar la metodología SCADA y PLC. En base a ello, se procedió a implementar dicha metodología con la finalidad de tener un control y monitoreo en la distribución de agua.

El presente trabajo se ha desarrollado utilizando un prototipo o maqueta con la ubicación del reservorio de 3 000 m³ y su sistema de llenado, rebose y descarga con la finalidad de automatizar estas funciones y evitar desperdicio de agua por rebose que generaría pérdidas económicas de la empresa así como la contaminación en los ambientes administrativos cercanos a este reservorio, para ello se han utilizado dispositivos electrónicos como el sensor ultrasónico de distancia HCSR04 tal como lo utilizó [6] para obtener como resultado el nivel del agua que se encuentra en el tanque de distribución; sin embargo el autor hizo uso de un actuador para controlar y otorgar impulso a los demás sensores como válvulas que son las que permiten el ingreso y salida del agua. En este caso, no fue necesario tomar en cuenta este tipo de actuadores puesto que se desarrolló haciendo uso de una bomba con mayor potencia para el impulso del agua y válvula solenoide de 12 voltios para evitar que el agua que ha ingresado no retorne a su origen y dos flujómetros de hasta 30 litros por minuto para medir la cantidad de agua que ingresa por medio de la línea de impulsión y que se almacena en el tanque de distribución y su salida por medio de la línea de aducción, a comparación de lo que el autor lo hizo con válvulas con características diferentes. Estos resultados fueron comprobados antes de implementarlos en el prototipo haciendo pruebas de manera externa para obtener su calibración y correcto funcionamiento.

Asimismo estos controladores fueron conectados con un software para el procesamiento de información, en este caso Arduino; sin embargo [22] dice que a pesar de ser una plataforma libre, su flexibilidad es limitada por lo que decidió usar Tango con una base de datos de Microsoft Azure. Se analizaron los resultados tanto del autor como los obtenidos en esta investigación junto a las características de cada uno obteniendo que Arduino se conecta de manera eficiente, rápida y sencilla con los controladores al igual que la base de datos Firebase Realtime Database para el manejo de datos e información en tiempo real, lo que el autor lo almacena de una forma no dinámica.

Para que estos resultados obtenidos y almacenados en la base de datos que es Firebase Realtime Database sean mostrados al usuario, se implementó un software en donde se visualiza

la cantidad de agua que ingresa a través de la línea de impulsión, la cantidad de agua saliente del reservorio al momento de ser distribuida que ha sido controlada por el flujómetro así como la cantidad de agua que está almacenada en el tanque de distribución de 3 000 m³ en tiempo real. [23] afirma que para la visualización de los procesos es necesario que exista un HMI, es decir aplicaciones Hombre-Máquina pero estas deben ser creadas en una PC lo que originaría una visualización más detallada teniendo a Windows como Sistema Operativo lo que permitirá ahorro de costos y una mejor obtención de datos así como su análisis. Estos resultados por su parte fueron los adecuados ya que disponía de equipos de cómputo libres; sin embargo, en la presente investigación, se realizó una aplicación móvil en donde se otorga como resultados la visualización de cada factor antes mencionado y generando reportes de cada proceso realizado lo que conlleva a tener información de una manera más rápida y sencilla no solo al Jefe zonal sino a los operadores encargados del proceso.

Por último, en la fase de reportes, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: Cantidad de agua ingresada al reservorio elevado de 3 000 m³, nivel de agua almacenada y cantidad de agua distribuida a la población, así como la fecha y hora que se ha registrado el proceso. Por otro lado, cuando el proceso inicia, [6] indica que para evaluar el monitoreo de los procesos de llenado, distribución y rebose es necesario una función de alerta por lo que la desarrolló haciendo uso de lógica difusa que, a través de cambio de color se indica el nivel del reservorio o tanque de distribución si este se encuentra en un nivel alto, medio o bajo. Sin embargo, en la presente investigación se realizó en base a mensajes de alerta en donde si el nivel se encuentra en un punto máximo, este enviaría un mensaje de texto indicando al usuario que el tanque de distribución ha llegado a su máximo almacenamiento, de igual forma lo realiza si el tanque de distribución contiene un nivel de agua mínimo para que se active el sistema de llenado y el tanque de distribución empiece a acumular dicha agua y así realizar el proceso de distribución cuando este se encuentre lleno. Este proceso es repetitivo constantemente. A esta aplicación tendrá acceso en forma directa el personal operativo que labora en la Planta 02 en donde se efectúa todo el proceso de potabilización del agua y el bombeo hacia el reservorio de 3 000 m³, el personal de Planta 01 que controla la operatividad de recepción, llenado del reservorio y distribución de agua a la población, personal de supervisión de Planta (Departamento Técnico) y Jefatura Zonal de Lambayeque.

Conclusiones

Uno de los aportes del presente trabajo ha sido el análisis previo de las condiciones del abastecimiento de agua cruda en el punto de captación del canal San Romualdo el mismo que han sido favorables y aportan valores que benefician a la población en lo referente a su continuidad promedio y presión de servicio.

La implementación de la aplicación móvil para el mejoramiento del abastecimiento de agua potable y su distribución a la población usuaria de Lambayeque mediante el sistema SCADA ha dado los resultados esperados mostrando los valores y parámetros automatizados que se requieren para el control de estas variables: volumen de almacenamiento de 3 000 m³, eliminación del desperdicio de agua por rebose y distribución de agua a la población en los horarios establecidos.

La aplicación desarrollada en el presente trabajo ha sido validada a través de un prototipo en el cual se instalaron los accesorios correspondientes al sistema operativo, así como con los equipos propios de la aplicación siendo en su conjunto validados por la Norma ISO 9001 con resultados positivos por su funcionalidad y adaptación al sistema existente.

La aplicación desarrollada en el presente trabajo ha sido validada a través de un prototipo en el cual se instalaron los accesorios correspondientes al sistema operativo, así como con los equipos propios de la aplicación siendo en su conjunto validados por la Norma ISO 14001 con lo cual se logra eliminar el problema de contaminación en las áreas administrativas y otros sectores aledaños de Planta 01 al evitarse los riesgos de rebose de agua y aniego en sus alrededores.

Una vez concluido el análisis con la implementación de la aplicación en el prototipo de Planta 02 y Planta 01 se ha mostrado su funcionamiento al encargado del área operacional de la empresa para su validación correspondiente habiendo sido aprobada tal como se indica en el documento respectivo (*Anexo N° 01*).

Recomendaciones

Se formulan propuestas para completar o mejorar la investigación, así como para incentivar la ejecución de otros proyectos de aplicación de los métodos y/o resultados obtenidos. Al igual que las conclusiones, las recomendaciones deben ser claras, breves y concisas sin profundizar en mayores detalles.

Se recomienda la elaboración de un cronograma de mantenimiento periódico a los equipos de bombeo o electrobombas instalados en la Planta N° 02 para evitar cualquier desperfecto o imprevisto que conlleve a la paralización intempestiva de las mismas y que ponga en riesgo la eficiencia de la presente aplicación.

Durante el desarrollo del presente trabajo se ha podido observar que en la línea de impulsión de Planta N° 02 a Planta N° 01 se han producido roturas que obligan a una paralización en el normal abastecimiento de agua tanto en el llenado del reservorio como en la distribución a la población por lo que se recomienda que la empresa efectúe una permanente vigilancia en el comportamiento de dicha línea para evitar este tipo de emergencias que llegarían a afectar y alterar la información proporcionada por la aplicación móvil.

En la Planta N° 01 existe un reservorio con características similares a las utilizadas en la presente investigación el mismo que aún no ha sido transferido a la empresa EPSEL S.A. recomendándose que una vez solucionado este impase se instale una aplicación similar en dicho reservorio para su control de llenado y descarga correspondiente.

Es conveniente que la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento de Lambayeque EPSEL S.A. brinde una capacitación periódica no solo al personal encargado del manejo de la presente aplicación sino a otros trabajadores que puedan reemplazar a los actuales ante cualquier ausencia de los mismos y asegurar así su continuidad.

Referencias

- [1] El Comercio, «Independencia: rebose de reservorio de agua afecta a varias viviendas,» 31 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://bit.ly/2SaBW2A>. [Último acceso: 16 Octubre 2020].
- [2] Buenos Días Perú, «Sedapal descarta ruptura de tubería matriz en independencia,» 9 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3pK3nMR>. [Último acceso: 18 Octubre 2020].
- [3] Diario Correo, 31 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3wr5Ez2>. [Último acceso: 23 Agosto 2019].
- [4] RPP, «Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/2ToesqM>. [Último acceso: 25 Agosto 2019].
- [5] E. Quispe, «Diseño y Automatización de un SCADA para una Planta de CAL en RSVIEW32, aplicando una Red Industrial Ethernet TCP/IP,» Tesis Pregrado, Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú 2018. [En línea]. Available: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/7340/71.0605.IS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 21 Septiembre 2020].
- [6] P. Rodríguez, «Diseño y simulación de un sistema scada para el control y monitoreo de reservorios de agua potable usando un algoritmo de control mediante una red inalámbrica en Arequipa,» Tesis Pregrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú 2019. [En línea]. Available: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/9939>. [Último acceso: 23 Septiembre 2020].
- [7] MIT APP INVENTOR, «About us,» [En línea]. Available: <http://appinventor.mit.edu/about-us>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [8] F. Posada, «Creando aplicaciones para móviles Android con MIT App Inventor 2,» [En línea]. Available: <https://bit.ly/3vnfNvH>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [9] My Wonderland, «Processing,» [En línea]. Available: http://www.mywonderland.es/curso_js/processing/processing.html. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [10] Processing, «Processing,» [En línea]. Available: <https://processing.org/>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [11] R. Marín, «Los gestores de bases de datos más usados en la actualidad,» 16 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3vdIFYi>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [12] Á. Robledano, «Qué es MySQL: Características y ventajas,» 24 Septiembre 2019. [En línea]. Available: <https://openwebinars.net/blog/que-es-mysql/>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [13] HostingPedia, «PostgreSQL,» 07 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://hostingpedia.net/postgresql.html>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [14] Firebase, «Firebase Realtime Database,» 18 Diciembre 2020. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database>. [Último acceso: 13 Abril 2021].
- [15] Mecatrónica LATAM, «Sensor ¿Qué es y tipos de sensores?,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/tutorial/es/sensores>. [Último acceso: 5 Noviembre 2019].
- [16] Y. Fernández, «Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno,» 3 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>. [Último acceso: 12 Abril 2021].

- [17] Arduino, «¿Qué es Arduino?,» [En línea]. Available: <https://arduino.cl/que-es-arduino/>. [Último acceso: 12 Abril 2021].
- [18] N. Esteban, «Tipos de investigación,» 2018. [En línea]. Available: <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>. [Último acceso: 16 Abril 2021].
- [19] E. Laboreano, «Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado en el centro poblado El Pueblito, Olmos, Lambayeque,» Tesis Pregrado, Universidad César Vallejo, Chiclayo, Perú 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/43760>. [Último acceso: 13 Abril 2021].
- [20] M. Servan, «Automatización de subestaciones de potencia de la empresa distribuidora electro Ucayali S.A. mediante un sistema SCADA/ICCP para permitirle el monitoreo, control y envío de datos al centro de control del COES,» Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Callo, Callao, Perú 2019. [En línea]. Available: http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/3914/SERVAN%20FERNANDEZ_%20PREGRADO_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 17 Septiembre 2020].
- [21] E. Idrogo, «Diseño de un sistema de control de temperatura en el proceso de secado de arroz, aplicando lógica difusa, para disminuir el porcentaje de quebrado de arroz, del molino Sudamérica de Lambayeque,» Tesis Pregrado, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú 2019. [En línea]. Available: http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2006/1/TL_DamianChafloqueDanny.pdf. [Último acceso: 17 Abril 2021].
- [22] A. Valle, «Sistema scada basado en un ambiente de programación open source,» Tesis Pregrado, Universidad EIA Ingeniería Mecatrónica Envigado, Medellín, Colombia 2019. [En línea]. Available: https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/2274/1/CastrillonMateo_2018_SistemaScadaBasado.pdf. [Último acceso: 17 Septiembre 2020].
- [23] E. Vaca, «Implementación de un sistema scada mediante el software intouch para el control y visualización de procesos industriales,» Tesis Pregrado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8916>. [Último acceso: 17 Septiembre 2020].
- [24] Universidad Adventista de Chile, «Formato de Validación por Expertos,» 2018. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3xbNZeS>. [Último acceso: 12 Mayo 2021].

Anexos

Anexo N° 01.

Constancia de aprobación del producto acreditable de la entidad donde se ejecutó la tesis

EMPRESA PRESTADORA DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO DE LAMBAYEQUE S.A.

" TRABAJAMOS PERMANENTEMENTE PARA LLEVARLE AGUA DE LA MEJOR CALIDAD, CUIDELA NO LA DEPENDAS "

Chiclayo, 02 de Junio de 2021

CARTA N° 002-2021 - EPSL S.A. - G.G. / G.O.

Señor

Ing. Huider Mera Montenegro
Director de Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

CHICLAYO

Referencia: Requerimiento Verbal

De mi especial consideración:

Es grato saludarlo a usted y con relación a lo solicitado verbalmente por la estudiante PAREDES SANDOVAL KAREM DANIELA de la Escuela de Ingeniería de Sistemas que usted dirige, quien vienen concluyendo su tesis denominada "SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO PARA LA DISTRIBUCIÓN DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LAMBAYEQUE" en las instalaciones de nuestra empresa de dicha localidad, hago de vuestro conocimiento que personal operativo de Planta de Lambayeque y el suscrito han participado en la demostración del prototipo de la aplicación de la indicada tesis siendo de nuestro agrado dicha propuesta.

En tal sentido, a través de la presente damos por aceptada la labor realizada en esta tesis, la misma que una vez aplicada, modernizará nuestro actual sistema operativo en la localidad de Lambayeque.

Sin otro particular es propicia la oportunidad para reiterarle mi aprecio y estima persona.

Atentamente


x/ Ing. MIGUEL PARDO NIQUÉN
Gerente Operacional (EPSL S.A. - Lambayeque)

OFICINAS Av. Carlos Castañeda Barragano N° 100 - Av. Sáenz Peña N° 1660 (Planta de Agua Potable) Chiclayo
Tel: 252291 (Central de Telefónica) - 253179 (G.G.) - Gerencia Operacional Sufi: 254132
Gerencia Comercial - Av. Miguel Grau N° 451 - Tel: 273059 (G.G.) - 255751 (Central Telefónica)
Emergencias: Telef: 238343 - 256747 - 9-800-2700
Pag. Web: www.epsll.com.pe

Anexo N° 02.
Evaluación para la validación según el usuario

TABLA VII
EVALUACIÓN PARA LA VALIDACIÓN SEGÚN EL USUARIO*

ÍTEM	GRADO DE SATISFACCIÓN				
	1	2	3	4	5
¿El prototipo elaborado representa con un grado de similitud elevado a la estructura de la empresa?					
¿La aplicación móvil EPSEL_SOFT le permite realizar un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?					
¿Los resultados de la aplicación móvil EPSEL_SOFT tienen alto grado de certeza (al menos 90%) con respecto al proceso de distribución de agua?					
¿Los datos obtenidos y mostrados en la aplicación móvil EPSEL_SOFT le resultan confiables?					
¿La aplicación móvil le resulta fácil de entender y manejar para un adecuado control y monitoreo de la distribución del agua potable?					

Teniendo en cuenta que:

- 1: Totalmente en desacuerdo
- 2: En desacuerdo
- 3: Ni en desacuerdo ni de acuerdo
- 4: De acuerdo
- 5: Totalmente de acuerdo

*Adaptado de "Formato de Validación de Expertos – Guía para validar instrumentos de investigación [24]"