

12

Fecha de presentación: julio, 2022
Fecha de aceptación: octubre, 2022
Fecha de publicación: diciembre, 2022

TRATAMIENTO

DE AGUAS SERVIDAS A TRAVÉS DE UN CONTROL INFORMÁTICO DE AUTOMATIZACIÓN, LA MANÁ-ECUADOR

WASTEWATER TREATMENT BY MEANS OF A COMPUTERIZED AUTOMATION CONTROL SYSTEM, LA MANÁ-ECUADOR

Luis Orlando Albarracín Zambrano¹

E-mail: uq.luisalbarracin@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3164-5229>

Juan Carlos Lozada Calle¹

E-mail: sq.juanclc65@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0304-3087>

Dionisio Vitalio Ponce Ruiz¹

E-mail: uq.dionisioponce@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5712-4376>

¹ Universidad Regional Autónoma de los Andes Quevedo. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Albarracín Zambrano, L. O., Lozada Calle, J. C., & Ponce Ruiz, D. V., (2022). Tratamiento de aguas servidas a través de un control informático de automatización, La Maná-Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(S6), 116-129.

RESUMEN

El objetivo de la siguiente investigación es desarrollar un sistema automatizado a través de un proyecto informático, el cual servirá para llevar un control de vida de los microorganismos que se encuentran presentes en las aguas residuales. A través de la metodología sistemática se identificó las fases en las cuales se desarrollará el proyecto, buscando una respuesta de como optimizar el proceso de aguas servidas, por medio de avances tecnológicos y la automatización del mismo. Mediante la entrevista se determinó los elementos tecnológicos que se usarían para dar solución a la problemática, llegando a la conclusión que podemos aportar un proyecto informático, el cual contendrá esquemas y diagramas que ayudaran a la correcta implementación y ejecución del sistema automatizado de control, el cual era la problemática central.

Palabras clave: Investigación, implementación, automatización, microorganismos, sistema automatizado, proyecto informático.

ABSTRACT

The objective of the following research is to develop an automated system through a computer project, which will serve to control the life of the microorganisms that are present in the wastewater. Through the systematic methodology, the phases in which the project will be developed were identified, looking for an answer on how to optimize the wastewater process, through technological advances and its automation. Through the interview we determined the technological elements that would be used to solve the problem, reaching the conclusion that we can provide a computer project, which will contain schemes and diagrams that will help the correct implementation and execution of the automated control system, which was the central problem.

Keywords: research, implementation, automation, microorganisms, automated system, computer project.

INTRODUCCIÓN

Según el informe de la (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, 2019) en el mundo el alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales son un problema que afecta directamente a la sociedad, como la inhalación de olores procedentes de estos sistemas de plantas de tratamiento de aguas residuales y servidas (PTARS), afligen a la salud de las personas que viven en los sectores aledaños y sobre limita el desarrollo de actividades productivas, educativas y culturales.

En países en vías de desarrollo, como el Ecuador, los proyectos que son presentados a los Gobiernos Autónomos Descentralizados carecen de tecnologías y automatización de estos procesos, de tal manera que de los 540 PTARS que existen en el país, según estudios realizados por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019), solo el 10% de estos sistemas descargan fluidos dentro de los límites permisibles y cumplen a cabalidad con los procesos de tratamiento.

Los problemas en el tratamiento de aguas residuales del cantón La Maná, surgen por el factor humano, ligados al incumplimiento de los procedimientos establecidos para las actividades del cuidado ambiental en el sistema de lagunas de oxidación, también juega un rol importante la impericia y sobre todo en los tiempos que los colaboradores deben realizar las actividades de limpieza, dosificación y control de microorganismos, también es importante mencionar que el proceso de maduración, tratamiento y preservación de microorganismos es ambiguo y con el pasar del tiempo se ha expuesto a amenazas que están dadas por factores climáticos o biológicos.

Por lo expuesto en esta investigación se plantea como formulación del problema: ¿Cómo optimizar el control del ciclo de vida en microorganismos presentes en el tratamiento de las aguas residuales en el cantón La Maná, mediante el uso de nuevas tecnologías?

En el Ecuador, según estudios realizados por el (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019), 5 de cada 10 ecuatorianos tienen alcantarillado; A nivel nacional solo el 40% de las aguas residuales que ingresan a las áreas dispuestas para el tratamiento tienen un tratado eficiente, el resto son evacuadas directamente en los efluentes, provocando focos de contaminación.

En el cantón La Maná las aguas residuales son tratadas en lagunas de oxidación desde el año 2006, hasta la fecha de la presente investigación la infraestructura se ha mantenido igual que cuando se construyó, el proceso de tratamiento consiste en la purificación, neutralización y

mitigación de impacto ambiental que pueda ocasionar el agua residual al ser inyectadas en el cuerpo receptor.

La presente investigación se justifica en virtud de que en la actualidad el control de los microorganismos es susceptible a errores humanos y no se aplican tecnologías de automatización que ayuden en la verificación del ciclo de vida de microorganismos en las aguas residuales, este proyecto permite la aplicación de los conocimientos teóricos y prácticos que se han venido adquiriendo en el proceso de formación profesional en la institución como ingenieros en sistemas, además del impacto científico y social que generaría la ejecución de un proyecto innovador enfocado en resolver una problemática ambiental, generando un bienestar en la sociedad, puesto que sería una de las municipalidades pioneras a nivel nacional en optimizar y modernizar su sistema de tratamiento de aguas residuales, así también la aplicación de este proyecto contribuiría con la preservación de los ecosistemas, siendo esta su mayor importancia.

La presente investigación tiene como principal objetivo desarrollar un proyecto informático de sistema automatizado para el control del ciclo de vida de los microorganismos presentes en el tratamiento de las aguas residuales del cantón La Maná, fijando como punto inicial los diversos criterios que establecen los autores acerca de los sistemas automatizados de tratamiento de aguas residuales y como punto final, el desarrollar un proyecto informático de sistema automatizado utilizando controladores lógicos programables (PLC) para el control del ciclo de vida de microorganismos durante el tratamiento de aguas residuales.

Proyecto Informático

Tomando en consideración lo mencionado por (Sánchez et al., 2003) un Proyecto Informático se compone de acciones secuenciales que se desarrollan simultáneamente o por ordenamiento, estas actividades tienen inmersas a personas, equipo, en el cual encontramos elementos de Hardware y Software, todo lo antes mencionado se engloba en un objetivo común que es el desarrollo de aplicativos o softwares funcionales al servicio de quien los diseña o crea.

Así también, según lo afirmado por el autor (Guérin, 2018), un proyecto informático es un proyecto de tecnología de la información, el cual al igual que todo proyecto cuenta con un inicio y final asignados por fechas, son desarrollados para la consecución de objetivos, también responden a una problemática en específico y sus propuestas de soluciones van de la mano del desarrollo de tecnología.

Tipos de Proyectos Informáticos: Según el autor (Sánchez et al., 2003) existen diversas tipologías en torno a los proyectos informáticos, se describen a continuación:

Proyectos Informáticos de Software: Son proyectos en los que está involucrado el desarrollo de sistemas como programas, sitios web, aplicativos, entre otros, donde el principal producto final entregable es un software.

Proyectos Informáticos de Hardware: Se basan en la construcción, diseño o implementación de instrumentos, equipos o dispositivos, con el uso de tecnología y que sus componentes están basados por lo general en la optimización de recursos, y mejoramiento de la producción o actividades en las que se lo involucra. (Van der Bij et al., 2013).

Proyectos Informáticos de comunicaciones y redes: Son proyectos que guardan similitudes con software y hardware, pero en ellos se trabaja exclusivamente en la instalación, mantenimiento, control y otras actividades en redes locales o redes externas. (Sarkar et al., 2006 & Briatore et al., 2021).

Proyectos Informáticos de instalación de Hardware: Son proyectos en los que no se diseña, ni construye ningún dispositivo, sino más bien se encarga del proceso de montaje, instalación y configuración de dispositivos o equipos a fin de que funcionen correctamente y cumplan con los lineamientos que fueron creados.

Proyectos Informáticos de Auditorías, Consultorías y Peritajes: Son proyectos basados en el estudio, análisis y revisión de sistemas de información, en los cuales son comparados con formatos preestablecidos o normas vigentes, todo esto a fin de que brinden las garantías técnicas, físicas y de seguridad a los usuarios.

Proyectos Informáticos de Seguridad Informática: Son proyectos en los que se estudian los niveles de vulnerabilidad de un sistema, pueden ser de hardware o Software, pero que por lo general son comparados al igual que una auditoría, para establecer los niveles de seguridad que presta o que requiere dicho sistema.

Proyectos Informáticos de Reingeniería de proyectos: Son proyectos que se basan en el estudio, análisis y mejoramiento de proyectos ya ejecutados y que no se pueden detener o paralizar, por lo general son los alcances, optimizaciones o mejoramientos a sistemas ya establecidos.

Sistemas automatizados

En base a lo expuesto por (Escaño et al., 2019) se puede definir que la automatización es un sistema que suelen trasladar las tareas de producción manual a un conjunto

de elementos técnicos, para aquello se compone de dos partes importantes:

Parte de Mando

Parte Operativa

En la parte de mando se puede identificar una autonomía programable, la cual es una técnica de programación, apoyada de tecnología como los relés electromagnéticos, tarjetas o módulos electrónicos, cabe mencionar que el controlador programable se encuentra ubicado en el centro de un sistema automatizado, es el cerebro o corazón del sistema.

En la parte operativa se identifica claramente a las máquinas, ya que utilizan componentes que permiten realizar a las máquinas los movimientos y diversas actividades que dependen de las órdenes que emita la parte de mando, de tal modo que en esta parte se ven reflejados el movimiento y la actividad final que se desea cumplir.

Hoy en día los sistemas de automatización están alta y enteramente integrados en los procesos industriales. En su mayoría las empresas están automatizando sus departamentos, siendo los más frecuentes los de producción y fabricación.

Sistemas de automatización industriales

Así también en lo expuesto por (Escaño, et al., 2019) se puede coincidir que en los sistemas automatizados industriales son utilizados para el control y monitoreo de las actividades y procesos de una industria, pero en este caso en especial se utilizan elementos y componentes especiales de hardware y software dedicados a cumplir funciones exhaustivas o repetitivas, con mayor exactitud y precisión, tales como presión, humedad, temperatura, etc.

Características de un sistema automatizado

Para (Antúnez, 2016) previo a la puesta en marcha de un sistema automatizado es menester identificar el cumplimiento de ciertos rasgos o características esenciales que debe tener dicho sistema, dentro de las que se destacan:

- Mantener procesos que impliquen solvencia y autonomía en procesos.
- Diseño de unidades de ingeniería en cuanto a circuitos y sistemas electrónicos, arquitecturas complejas.
- Cuento con una organización y planificación de actividades

Desde otro punto de vista (Escaño et al., 2019) en cambio, establece en base a las características de los sistemas

automatizados los posibles campos en donde se ven inmersos los procesos automatizados, las cuales son:

- Actividades y operaciones militares
- Investigación y experimentos
- Medicina y técnicas de diagnóstico
- Redacción y procesamiento de datos estadísticos
- Programación
- Cálculos de ingeniería, etc.

Por lo consecuente, el autor (Escaño et al., 2019) destaca los beneficios que brindan los procesos automatizados como sus principales características, en las que se encuentran que:

- Optimiza la calidad de los productos a través de un proceso constante y repetitivo.
- Reduce los esfuerzos y tiempos de producción.
- Mejora la productividad, reduciendo los costes industriales.
- Minimiza los daños en las piezas e incrementa la seguridad del personal.
- Facilita la reparación de máquinas, supone un menor coste.
- Permite ahorrar, lo que se traduce en mayor eficiencia en la producción de la organización.

Microbiología

La microbiología, según (Stanier, 1992) es una de las ramas de la biología, en la que se estudian los microorganismos como foco principal, siendo los temas relevantes los referentes a su clasificación, distribución, formas de vida y funcionamiento en población que mantienen.

De la misma manera, el autor (Serrano & Gutiérrez, 2018) asevera que la microbiología se basa en el estudio de organismos que no pueden ser apreciados a simple vista por el ojo humano, por lo que se les adopta el nombre de microorganismos.

Microorganismos

En base a lo expuesto por (i Farràs & Giménez, 1997) se puede definir a los microorganismos como un grupo heterogéneo en el que se encuentran inmersos los hongos, algas unicelulares y virus, todos estos con una organización biológica, estos microorganismos pueden ser unicelulares y pluricelulares.

Ampliando la información, el autor (Serrano & Gutiérrez, 2018), expresa que no se debe definir a los microorganismos como agentes contaminantes, sino más bien como

entes que forman parte de un cuerpo, y que estos más bien ayudan en el proceso de descomposición, neutralización y compensación orgánica de los cuerpos.

Aguas Residuales Domésticas

De acuerdo con (Díaz-Cuenca et al., 2012) las aguas residuales son los fluidos resultantes de los quehaceres y actividades domésticas, se conducen por las tuberías, y son provenientes de las duchas, lavabos, inodoros, sumideros, entre otros.

Cabe mencionar que estos fluidos sufren una variación en su composición química original, puesto que en su inicio fueron Agua, y luego son mezclados con todo tipo de sustancias en las tuberías, estos fluidos contienen entre todos sus componentes, sólidos suspendidos, coliformes fecales, y demás agentes patógenos.

Sistemas de tratamiento de aguas residuales

Con base en lo sustentado por (Hernández et al., 2017) los sistemas de tratamiento han tenido su etapa evolutiva, con el constante cambio de sus actividades para optimizar sus resultados y presentar un menor impacto ambiental, dentro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se evidencia una secuencialidad de actividades primarias y secundarias para su tratamiento.

Los sistemas de tratamiento o también llamados PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas residuales), emplea técnicas de cribado, separación de sólidos, neutralización, dosificación de nutrientes y control de niveles de toxicidad en el agua.

Procesos de tratamiento de aguas residuales

Como señala el autor (Ramalho, 2021) los procesos de tratamiento de aguas residuales varían en su arquitectura, pero no en las actividades que se ejecutan en el interior del sistema, Los procesos de tratamiento están dados por 3 fases importantes, la primaria, secundaria y terciaria, las cuales se detallan a continuación:

Tratamiento Primario

El tratamiento primario dentro de un sistema de tratamiento de aguas residuales comprende de las actividades de separación de sólidos de mayor a menor escala, ya sea por medio del cribado, o suspensión, aquí se separan, sólidos, grasas y demás flotantes.

En el proceso de Cribado se utilizan a manera de trampas de residuos, rejillas o similares para detención de los sólidos, estos se realizan de mayor a menor escala, de otra manera para el proceso de separación por suspensión, se

introducen en los fluidos químicos floculantes que hacen la separación hacia la superficie de los sólidos presentes.

Tratamiento Secundario

En el tratamiento secundario ocurre la estabilización biológica de los fluidos, en este aspecto están inmersa el desarrollo de los cultivos de microorganismos, actividades de desinfección, tratamiento y purificación de los fluidos, este tratamiento es utilizado para eliminar en su mayoría toda la carga contaminante que está presente, además es un proceso consecuente del tratamiento primario.

Un aspecto fundamental a resaltar de este tratamiento es la neutralización biológica de los fluidos, esto con la ayuda de la población de microorganismos presentes que son las responsables de la eliminación de la materia orgánica biodegradable.

Tratamiento Terciario

En el tratamiento terciario se encuentran las actividades de neutralización química de los fluidos, siendo un paso anterior a la descarga de fluidos a los cuerpos receptores, este tratamiento es muy indispensable, puesto que se encarga del proceso final que tiene el fluido dentro del sistema de tratamiento previo a su finalización.

Existen diversas formas de realizar un tratamiento terciario como la filtración, oxigenación y oxidación avanzada, que son técnicas que varían según el área y caso que se apliquen, pero todas estas están encargadas de que los efluentes vayan con una baja carga contaminante a su cuerpo receptor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El enfoque o modalidad de la presente investigación corresponde a una Cuantitativa – Cualitativa en donde a través de la toma de datos mediante un checklist se determinan los factores como tiempos y cantidades de dosificación de microorganismos, así también la carga de oxígeno para el control de temperatura de las lagunas, el carácter cualitativo de la investigación está dada por los resultados obtenidos de las entrevistas a profesionales como técnico ambiental, el departamento de servicios públicos del GAD La Maná, en el desarrollo de la misma se pretende conocer la situación actual del sistema de tratamiento y proliferación de microorganismos dentro de las lagunas de oxidación, para desarrollar un proyecto informático de sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante el uso de PLC, a través de la cual, se pueda brindar beneficios a la comunidad y sobre todo al medio ambiente.

Investigación de Campo

La investigación de campo es importante en proyectos de esta tipología, puesto que el levantamiento de información, análisis y comprobaciones prácticas In situ, permiten sacar las conclusiones que se requieran, en el caso del presente proyecto, permitió mantener el contacto directo con la realidad y se obtienen las variables que están presentes durante todo el proceso de tratamiento de aguas residuales, de igual manera las actividades, recomendaciones y acciones que los actores (técnicos y operarios) toman referente al proceso de tratado de aguas residuales.

Investigación Descriptiva

Con base en los autores (Escobar et al., 2018) se puede determinar que la investigación descriptiva permitió analizar de qué manera estaba y cómo se manifestaba el proceso evolutivo de los microorganismos y sus componentes, dado que existen factores que necesitan ser descritos para entender sus efectos consecuentes, en el caso específico del presente problema de estudio, mediante este tipo de investigación se pudo describir, conceptualizar los procedimientos y aspectos que engloban el control de bacterias en el tratamiento de aguas residuales.

Métodos de Investigación

Método analítico – sintético.

Respecto a lo manifestado por (Hernández et al., 2017) este método permite examinar y descomponer un todo y analizarlo por partes, para en lo posterior mediante la síntesis acoplar todas las partes, por lo tanto, en la investigación permitió tener una lectura y síntesis de la situación actual del tratamiento de aguas residuales y los procesos automatizados que se manejan, descomponiendo el problema de estudio dando a conocer de forma explícita y sintética de qué manera se logró desarrollar un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales en el cantón La Maná.

Método inductivo – deductivo

Desde la posición de (Escobar et al., 2018), este método que en la inducción lleva premisas particulares a una general, y en la deducción se descompone aquella idea, en la presente investigación mediante la inducción se logró establecer con más claridad el enfoque, ambiente y orientación del tratamiento de aguas residuales, observándose situaciones de impericia e impuntualidad en el personal técnico encargado del tratamiento de las lagunas de

oxidación. La deducción permitió establecer las posibles soluciones que tiene los problemas inminentes en el tratamiento de aguas residuales, ya que de lo general (problemática) se pudo obtener la idea a defender.

Método sistémico.

Considerando el criterio de (Hernández et al., 2017) el método sistémico consiste en la unión o recopilación de varios elementos, primicias o aspectos en una nueva totalidad, para establecer una estructura y plantear una secuencia lineal de pasos y procedimientos a fin de la consecución de un objetivo, en la investigación se lo aplicó en el desarrollo del proyecto informático de un sistema automatizado de control de ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales en el cantón La Maná.

Técnicas

Observación

Al aplicar la técnica de la observación se utilizó como instrumento una guía de observación, en este caso en particular se identificaron dichas manifestaciones en los recorridos en los predios del sistema de tratamiento de aguas residuales del cantón La Maná.

De igual manera, se realizó la aplicación de un lista de chequeo a fin de recopilar información estadística de los procesos que se aplican en cuestión de tiempos y cantidades de aplicación, evolución de crecimientos y grados de temperatura presentes en el campo y en las lagunas.

Entrevista no estructurada

La entrevista no estructurada permitió acercarnos a la realidad del sistema de tratamiento de aguas residuales, en la cual encontraremos oportuna la información de los responsables y encargados del sistema de tratamiento, de estas fuentes se obtendrá datos informativos que ayudarán a identificar ciertas manifestaciones específicas del problema de estudio, para en lo posterior plasmar alguna

Se aplicó una entrevista objetiva a la Ing. Ruth Tovar Avilés, directora de servicios públicos del GAD La Maná, en donde se obtuvo datos generales de las instalaciones y proyecto que maneja actualmente la institución, objetivos y visión futura del proceso de tratamiento.

De igual manera se aplicó la entrevista a la Mgtr. Katherine Suárez Ayovi, Técnica ambiental responsable del proyecto actual de tratamiento de aguas residuales de La Maná, de la cual se pudo recopilar información técnica de las actividades que se efectúan en las instalaciones.

Método Particular

Para el desarrollo del proyecto informático de automatización y control del ciclo de vida de microorganismos en las aguas residuales mediante PLC, se procedió con los siguientes pasos:

- Identificación y análisis de variables que surgen del problema
- Diseño lógico del sistema automatizado que se piensa implementar
- Búsqueda de los implementos óptimos que conjugaran funciones para realizar la automatización del proceso.
- Montar el diseño con los implementos en un simulador para comprobar funcionamiento y aplicación correcta del proceso automatizado.

Arquitectura física centralizada de tipología estrella, que según (Valdivia, 2020) comprende de una estructura que su fuente de información depende de un solo lugar físico, y al ser de tipología estrella la secuencia de datos y procesos se encuentran interrelacionados a un cerebro central, el cual guiará las órdenes consecuentes.

RESULTADOS

En este punto podemos mencionar que la investigación se trazó como actividades:

- Identificar el FODA de la aplicación de un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante el uso del Controlador Lógico Programable PLC.
- Establecer acciones y componentes óptimos para controlar el ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante PLC.
- Diseñar los esquemas y diagramas necesarios para la implementación de un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante PLC.
- Estimar los costos y viabilidad del desarrollo de un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales mediante el uso del Controlador Lógico Programable PLC.

Estudio de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

Dentro del estudio FODA, de la presente investigación, se ha planteado el siguiente organizador a fin de identificar cada aspecto, los cuales se presentan a continuación:



Figura 1. FODA del proyecto

Fuente: elaboración propia

Dentro de las fortalezas se determinó la optimización del proceso de tratamiento y control de bacterias, lo cual también genera como contrapunto una dependencia estricta del uso en cuanto a estimaciones, dosificación o aireación sin dejar opción a analizar parámetros más superficiales, de igual manera se mantiene un apoyo del GAD, pero el reducido presupuesto asignado por parte del gobierno para este tipo de proyectos no permite el desarrollo masivo de aquellos.

En las oportunidades encontramos la reducción de costos en mano de obra y personal, así también la obtención de mejores resultados, pero se incrementan costos como mantenimiento, y también una amenaza latente es el consumo de energía eléctrica

Tabla 1. Análisis de alternativas

Análisis de las alternativas			
Criterios	Alternativa 1: Desarrollo en PLC	Alternativa 2: Desarrollo en Arduino	Alternativa 3: Desarrollo con Circuitos Integrados
Costos	Alto	Medio	Medio/Alto
Impacto	Alto	Medio / Alto	Medio
Tiempo	Medio / Alto	Medio / Alto	Alto
Financia	Alto	Medio	Medio

Fuente: Elaboración propia

Establecer acciones para el control de ciclo de vida de microorganismos

Encendido / Apagado de motores de aireación

La oxigenación del agua residual es muy importante para la subsistencia de los microorganismos presentes, así también aporta con la estabilización de la temperatura del área de líquidos, el encendido o apagado de los motores de aireación está relacionado con los sensores de temperatura, que al detectar una temperatura fuera de los límites establecidos determinaran la acción a tomar por los motores de aireación.

Encendido / Apagado de motores de dosificación

El proceso de tratamiento de aguas residuales, depende de la inyección de microorganismos, por tal razón se debe precautelar la población de bacterias, manteniéndose en una cantidad estándar, el estado de los motores de dosificación depende de la muestra variable, que según aproximaciones matemáticas, este presente, puesto que los microorganismos, si se prestan las condiciones adecuadas tienden a su reproducción óptima la cual estará calculada, y cuando esta aproximación salga de los límites permitidos, se activaran los motores con el tiempo estimado el cual solventará esa ausencia.

Determinar los componentes óptimos

La principal característica que deben presentar los componentes para que el sistema funcione de la manera correcta y brinde los resultados deseados deben ser altamente resistentes a las condiciones atmosféricas, o a su vez que cuenten con la impermeabilización o aislamiento, entre otras cualidades también debe destacar la aplicación industrial, ya que son equipos que estarán sometidos a trabajos constantes y exhaustivos, por lo antes mencionado se establece el siguiente cuadro de alternativas:

Tabla 2: Análisis de Alternativas con coeficientes

Análisis de las alternativas				
Crterios	Coeficiente	Alternativa 1: Desarrollo en PLC	Alternativa 2: Desarrollo en Arduino	Alternativa 3: Desarrollo con Circuitos Integrados
Costos	8	7	8	6
Durabilidad	10	10	9	8
Tiempo / aplicación	8	7	7	6
Tecnología	10	10	9	8
Total	--	34	33	28

Fuente: Elaboración propia

En base a lo analizado y planteado en el cuadro comparativo, se puede determinar que la mejor alternativa es el desarrollo mediante controladores lógicos programables o también llamados PLC, puesto que estos ofrecen una alta durabilidad, resistencia a trabajos continuos y forzados, además de su tecnología más estable y acorde a procesos de automatización industrial, adicional a eso los componentes como sensores y dispositivos externos tienen un diseño resistente a diferencia de las otras opciones.

Descripción de los equipos óptimos para la implementación del proyecto

Controlador Lógico Programable PLC SIM-S7-1200

El controlador lógico SIMATIC S7-1200 es un dispositivo óptimo para realizar tareas de automatización, ya que otorga flexibilidad y eficiencia. Cuenta con una amplia gama de funciones tecnológicas, además que su diseño es compacto por lo que se ahorrará espacio, cuenta con una CPU 1217C, su comunicación es GPRS y PROFIBUS, además contiene una interfaz Ethernet y la capacidad de cálculos y procesamiento es de 64 bits.



Figura 2. PLC Simatic S7-1200

Fuente: Proyecto

Pantalla SIMATIC HMI TP1200

La pantalla HMI de Siemens es la interfaz que se usa para la comunicación hombre – máquina, esta permite visualizar estados y además accionar ciertos mandos que se establezcan, además su construcción es de materiales resistentes, ya que están pensadas para trabajos en industrias, contiene memoria autónoma de 60 MB, y mantiene una resolución de pantalla de 1024 x 768 píxeles.



Figura 3. Pantalla HMI TP 1200

Fuente: Proyecto

Sensores

Sensor de temperatura Sitrans Pt100

El sensor Sitrans PT100 es un sensor de temperatura que soporta temperaturas en el rango (-30 °C a 400 °C), mantiene una correcta comunicación con todos los controladores lógicos, por su calidad de compatibilidad multimarca, es un sensor de resistencia, funciona con un aislamiento mineral, y recubrimiento de fibra con cable hasta la conexión con el controlador.



Figura 4 Sensor Sitrans PT100

Fuente: Proyecto

Sensor ultrasónico UGT580

El sensor ultrasónico UGT580 trabaja mediante ondas ultrasónicas, emitiendo señales y recibíendolas, realizando en medio de ella el cálculo respectivo para la localización del punto próximo, al usar ondas ultrasónicas, acústicas o de sonido garantiza el reflejo y retorno de la señal, ya que todos los materiales y minerales tienen la capacidad de reflejar el sonido que se emite, este sensor detecta el objeto en un rango de (40 mm – 4 metros), la frecuencia del transductor es de 300 kHz



Figura 5 Sensor Ultrasónico UGT-580

Fuente: Proyecto

Actuadores

Blower PW-4125

El Blower de aireación PW-4125, tiene una fuerza de 2 Hp, trabaja con una presión de 28 Kpa / 4,06 PSI y con su salida de 2 Plg tiene la capacidad de oxigenar y actuar frente a 2000 m³, con una extensión de 125 metros de longitud.



Figura 6 Blower PW-4125

Fuente: proyecto

Bomba de Caudal WL30XH

La bomba de caudal WL30XH es una bomba Estándar que proporciona 3 pulgadas de succión y descarga, es una bomba estacionaria centrífuga y autocebante, la capacidad de descarga es de 1100 lts/min, el funcionamiento del motor depende de combustión y contiene un sistema de turbina que es la que permite la succión y descarga.



Figura 7 Bomba de Caudal WL30XH Fuente:

Fuente: Proyecto

Diseñar los esquemas y diagramas del sistema automatizado.

Diseño lógico del funcionamiento del sistema

El diseño lógico para el funcionamiento del sistema está dado de la siguiente manera:

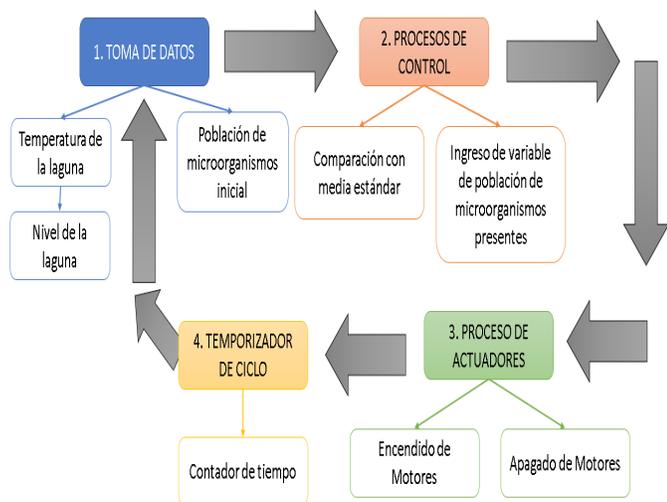


Figura 8 Diseño Lógico del sistema

Fuente: Elaboración propia

Toma de datos: En la toma de datos se recopila la información, a razón de muestreo, mediante los sensores y cálculos internos para la estimación, y de aquí se ingresan parámetros como la temperatura, nivel de la laguna y la población de microorganismos

Procesos de control: Está relacionado con la toma de datos, ya que toma los datos recopilados para realizar aquí la comparación con las medias y límites permisibles, para ejecutar una orden en los actuadores.

Proceso de actuadores: En este proceso se ejecuta las acciones que ordena el controlador lógico, para encendido o apagado de motores de aireación e inyección de microorganismos.

Temporizador del ciclo: Este proceso va en la secuencia del diseño lógico, puesto que se debe esperar un tiempo debido para repetir el ciclo de control.

Diagrama de componentes del sistema

El diagrama de componentes del sistema representa las conexión y la interrelación que existen entre ellos, el diagrama se plantea a continuación:

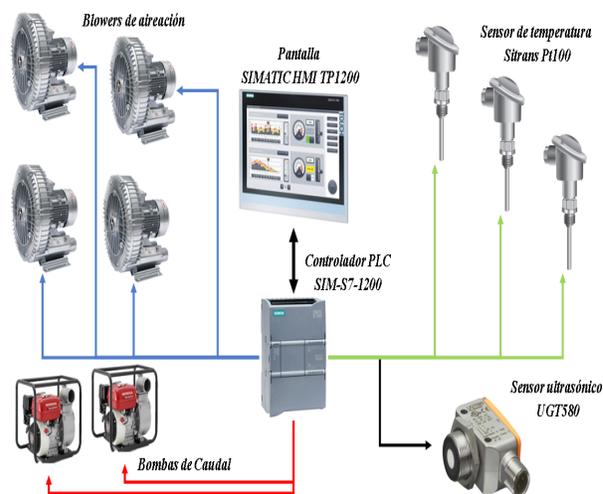


Figura 9 Diagrama de componentes del sistema

Fuente: Elaboración propia

El cerebro y la base del sistema, es el controlador PLC SIM-S7-1200, del cual salen las órdenes hacia los actuadores, y también hacia los sensores, para la recopilación de información, el controlador tiene opciones programables y controlables por tiempos, cada línea representada en el diagrama represente una conexión distinta, no se pueden unificar las entradas o salidas, por muy semejantes que sean los dispositivos receptores.

Diagrama lógico de programación del controlador lógico programable

Dentro del controlador PLC SIM-S7-1200, se realiza la programación lógica, la cual está dada por compuertas y operaciones lógicas, que hacen los cálculos respectivos en base a las fórmulas planteadas o ingresadas, así mismo es el que manda las señales de pulso para las órdenes a los dispositivos receptores.

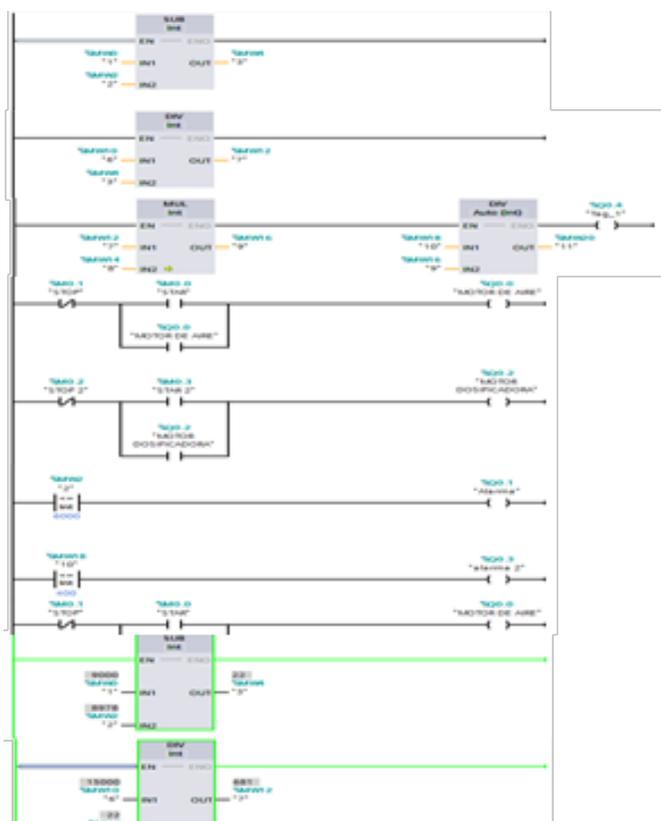


Figura 10. Diagrama lógico de programación.

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto referencial para la implementación del proyecto

El presupuesto referencial para la implementación del proyecto está dividido en secciones de equipos, insumos o materiales y la parte de instalación o mano de obra, las cuales en su sumatorio total está en 12750 + IVA, Los cuales se detallan a continuación:

Tabla 3 Presupuesto referencial

TABLA DE PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO			
Ítem	Cantidad	Descripción	Valor
EQUIPOS			
1	1	Controlador Lógico Programable PLC SIM-S7-1200	\$ 976,00
2	1	Pantalla SIMATIC HMI TP1200	\$ 336,00
3	3	Sensor de temperatura Sitrans Pt100	\$ 642,00
4	1	Sensor ultrasónico UGT580	\$ 236,00
5	4	Blower PW-4125	\$ 8800,00
6	2	Bomba de Caudal WL30XH	\$ 460,00
		TOTAL POR EQUIPOS	\$ 11450,00
MANO DE OBRA			
7	1	Montaje de Equipos y conexiones	\$ 500,00

8	1	Instalación y configuración de equipos	\$ 800,00
		TOTAL POR MANO DE OBRA	\$ 1300,00
		TOTAL DEL PROYECTO	\$ 12750,00

Fuente: Elaboración propia

Importancia de la propuesta desarrollada

La propuesta planteada está basada en las teorías de diversos autores, además brinda argumentos y conceptos necesarios para entender las variables de la investigación y la problemática de estudio, la conceptualización y simplificación de aspectos teóricos acordes a la línea de investigación es de gran aporte a la comunidad científica.

La metodología de desarrollo de la propuesta comprendió de un análisis de alternativas, estudio de diversos factores que puedan influir en el control del ciclo de vida de microorganismos, así también apoyado de la metodología sistémica, se plasmó todas las fases tanto como estudio y análisis de propuestas, en los instrumentos de investigación se obtuvo valiosa información que ayudo a entender los problemas que se mantenían así mismo como los aspectos técnicos que se aplican en el tratamiento de aguas residuales.

En el desarrollo de la propuesta se analizaron las diversas tecnologías existentes en el mercado como Arduino y el desarrollo con circuitos integrados que durante el estudio respectivo se determinó como la opción más viable el uso de PLC, de tal manera que se procedió con los diseños de esquemas, diagramas y funciones lógicas, en base a dicha tecnología, y en función a su forma de desarrollo y programación, de tal manera que con el presupuesto planteado para la implementación del proyecto, se alcanza el objetivo planteado para la propuesta que es el diseño de un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de microorganismos en el tratamiento de aguas residuales.

La presente propuesta aporta a la comunidad científica de manera que es una investigación innovadora y está relacionada con procesos informáticos, ambientales, automatización y control, además de eso es un impulso a futuras investigaciones que complementen u optimicen los procesos descritos.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez concluida la fundamentación bibliográfica, citando a diversos autores que mencionan temas referentes a la problemática identificada, el autor de la presente investigación menciona que, a través de la información encontrada, se pudo identificar cada uno de los procesos específicos que permitieron el desarrollo del proyecto

informático para la automatización del tratamiento de aguas residuales.

De igual manera, gracias a los avances tecnológicos y el desarrollo de la automatización y control en las industrias y demás campos, se puede automatizar estos procesos de tratamiento que son en beneficio de la comunidad y localidad, reduciendo el impacto y contaminación ambiental, todo esto gracias a la tecnología aplicada.

Es por eso que mediante la automatización de estos procesos se logrará mayor precisión en el proceso de tratamiento, para así contribuir con la presentación de un proyecto informático para la automatización y control del ciclo de vida de microorganismos en las aguas residuales, lo que ayudará a optimizar directamente el proceso antes mencionado.

En referencia a los datos antes mencionado y tomando en consideración al análisis e interpretación de datos realizado, con la elaboración de un sistema informático para la aplicación de un sistema automatizado para el control del ciclo de vida de los microorganismos en el tratamiento de aguas residuales del cantón La Maná se mejorará el proceso de tratado y disposición final de las aguas residuales al cuerpo receptor, puesto que los microorganismos alcanzaran su tiempo de vida y se optimizará su accionar en la neutralización del agua residual, puesto que dichos microorganismos no morirán a mitad de su ciclo de vida y se prolongara su vida útil.

Mediante el uso de un controlador lógico programable (PLC), el cual es usado para el control lógico y operacional de industrias, permite mediante su interfaz diseñar y controlar los parámetros óptimos que se requieren para el desarrollo y subsistencia de los microorganismos en el tratamiento de aguas residuales.

Esta investigación ha permitido identificar claramente las variables de investigación, el campo de acción donde se va a aplicar, así como el objeto de estudio, permitiendo diseñar una propuesta enfocada a una línea de investigación

CONCLUSIONES

Una vez finalizada la presente investigación se concluye lo siguiente:

En el orden teórico, la investigación reporta como aspectos esenciales revelados en el estudio de la literatura científica actualizada categorías como: automatización, control de procesos, sistemas informáticos para el control de procesos, tratamiento de aguas residuales y procedimientos de control de microorganismos, es muy importante destacar la información de los referentes teóricos mencionados, ya que con esto se logró conceptualizar y fundamentar los criterios o aspectos técnicos que permitieron un planteamiento oportuno de la propuesta.

La metodología de investigación aplicada reflejó y evidenció, la problemática de estudio, permitiendo establecer la situación actual en la que se mantienen las lagunas de oxidación, destacándose la impericia, impuntualidad y procedimiento poco exactos en la aplicación de microorganismos.

En base al estudio de diferentes tecnologías, se determinó que la mejor opción para el desarrollo de la solución innovadora es mediante el controlador lógico programable, en el diseño de la propuesta se encuentran plasmados los diagramas y esquemas necesarios para la puesta en marcha del proyecto, de igual manera se estimó los costos del proyecto, dejando como recomendación a la municipalidad o ente gubernamental la aplicación del proyecto en vista de su bajo costo a los grandes beneficios que puede llegar a brindar a la sociedad, comunidad científica y al propio GAD Municipal de La Maná.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, F. (2018). Puesta en marcha de sistemas de automatización industrial. ELEM0311. IC Editorial. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=31EpEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Soria.+A.+2018.+Puesta+en+marcha+de+sistemas+de+automatizaci%C3%B3n+industrial.+ELEM0311.+IC+Editorial&ots=JB9EAAW9c&sig=yz9cyMzB36BJUXBifykKE7p-ks#v=onepage&q=Soria.%20A.%20\(2018\).%20Puesta%20en%20marcha%20de%20sistemas%20de%20automatizaci%C3%B3n%20industrial.%20ELEM0311.%20IC%20Editorial&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=31EpEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=Soria.+A.+2018.+Puesta+en+marcha+de+sistemas+de+automatizaci%C3%B3n+industrial.+ELEM0311.+IC+Editorial&ots=JB9EAAW9c&sig=yz9cyMzB36BJUXBifykKE7p-ks#v=onepage&q=Soria.%20A.%20(2018).%20Puesta%20en%20marcha%20de%20sistemas%20de%20automatizaci%C3%B3n%20industrial.%20ELEM0311.%20IC%20Editorial&f=false)
- Briatore, S., & Golkar, A. (2021). Estimating Task Efforts in Hardware Development Projects in a Scrum Context. *IEEE Systems Journal*, 15(4), 5119-5125.
- Díaz-Cuenca, E., Alvarado-Granados, A. R., & Camacho-Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 14(1), 78-97. <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>
- Escaño M., Garcia, J., & Nuevo, A. (2019). Integración de sistemas de automatización industrial. Ediciones Paraninfo. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gj2dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Esca%C3%B1o+M.,+Garcia,+J.,+%26+Nuevo,+A.+2019.+Integraci%C3%B3n+de+sistemas+de+automatizaci%C3%B3n+industrial.+Madrid:+Ediciones+Paraninfo&ots=CbLTX4AWFI&sig=FDdtgS6LDvhp5dVvd4cJplcgyvg#v=onepage&q&f=false>
- Escobar, H., Rodríguez, R., López, P., Ganchozo, I., Gómez, Q., & Ponce, M. (2018). Metodología de la investigación científica (Vol. 15). 3Ciencias. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=y3NKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA15&dq=Hernandez+Escobar,+A.,+Ramos+Rodriguez,+M.,+%26+Plancencia+Lopez,+B.+2018.+Metodologia+de+la+Investigaci%C3%B3n+Cientifica.+Alicante:+Area+de+Innovaci%C3%B3n+y+desarrollo.&ots=yyMO-eOac0&sig=mBaJA9GNsbd4XqgfZwRTdhhe0F0#v=onepage&q&f=false>
- Guérin, B. (2018). Gestión de proyectos informáticos: desarrollo, análisis y control. Ediciones Eni. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Ibll91TKSKQC&oi=fnd&pg=PA32&dq=Gestion+de+Proyectos+Informaticos.+Barcelona:+Ediciones+ENI.&ots=SIROkfo2_&sig=8gDSvJRbDIYM4TVfqomELXin-mM#v=onepage&q=Gestion%20de%20Proyectos%20Informaticos.%20Barcelona%3A%20Ediciones%20ENI.&f=false
- Hernández, H., Buitrón, G., López-Vásquez, C., & Cervantes, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño. IWA publishing. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/30973/640701.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- i Farràs, R., & Giménez, A. (1997). Bioquímica de los microorganismos. Reverté. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eHK7eHXBRk4C&oi=fnd&pg=PR5&dq=Bioquimica+de+microorganismos.+Barcelona:+Editorial+Reverte.&ots=e3LdRb0qDG&sig=rr98eDq03rzENljcBt8q8niyCjE#v=onepage&q=Bioquimica%20de%20microorganismos.%20Barcelona%3A%20Editorial%20Reverte.&f=false>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2019). *Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales*. INEC. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/gad-municipales/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación. (2019). *Informe Mundial de Naciones Unidas sobre el*

- Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367304>
- Ramalho, R. (2021). Tratamiento de aguas residuales. Reverté. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=T9MfEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Una+introducci%C3%B3n+al+tratamiento+de+aguas+residuales+municipales.&ots=3jKQlt_nzi&sig=tqorf267csLRqrdWjOAUxSRk2fw#v=onepage&q=Una%20introducci%C3%B3n%20al%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales%20municipales.&f=false
- Sánchez, J., Chalmeta, R., & Coltell, O. (2003). Ingeniería de proyectos informáticos: actividades y procedimientos (Vol. 12). Publicacions de la Universitat Jaume I. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MXTI43ThoS4C&oi=fnd&pg=PA7&dq=Ingenieria+de+Proyectos+Informaticos.+Castellon:+Publicacions+de+la+Universitat+Jaume+I.&ots=O36A5zF9e0&sig=wsxMr0aRORP4w9gmQzFBRLKDWQ#v=onepage&q=ingenieria%20de%20Proyectos%20Informaticos.%20Castellon%3A%20Publicacions%20de%20la%20Universitat%20Jaume%20I.&f=false>
- Sarkar, N. I., & Craig, T. M. (2006). Teaching computer hardware and organisation using PIC-based projects. *International Journal of Electrical Engineering Education*, 43(2), 150-163.
- Serrano, C., & Gutiérrez, R. (2018). Manual de microbiología. Ediciones UC. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0OuaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA10&dq=Serrano+Berrios,+C.,+%26+Guitierrez+Llabaca,+R.+\(2018\).+Manual+de+Microbiologia.+Santiago+de+Chile:+Editorial+Ediciones+UC.&ots=kuGRC9lhSx&sig=exjK7qOZ2bkLntEB5uuQ6YhR6zE#v=onepage&q=Serrano%20Berrios%2C%20C.%2C%20%26%20Guitierrez%20Llabaca%2C%20R.%20\(2018\).%20Manual%20de%20Microbiologia.%20Santiago%20de%20Chile%3A%20Editorial%20Ediciones%20UC.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0OuaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA10&dq=Serrano+Berrios,+C.,+%26+Guitierrez+Llabaca,+R.+(2018).+Manual+de+Microbiologia.+Santiago+de+Chile:+Editorial+Ediciones+UC.&ots=kuGRC9lhSx&sig=exjK7qOZ2bkLntEB5uuQ6YhR6zE#v=onepage&q=Serrano%20Berrios%2C%20C.%2C%20%26%20Guitierrez%20Llabaca%2C%20R.%20(2018).%20Manual%20de%20Microbiologia.%20Santiago%20de%20Chile%3A%20Editorial%20Ediciones%20UC.&f=false)
- Stanier, R. (1992). *Microbiología*. Editorial reverté, SA.
- Valdivia, M. (2020). *Sistemas Informáticos y Redes locales*. Ediciones ParaInfo. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2V_aDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Valdivia,+M.+\(2020\).+Sistemas+Informaticos+y+Redes+locales.+Madrid:+Ediciones+ParaInfo.+&ots=zx5PkEYeaz&sig=XH0JTxSZQTidvT_jGNqaWE5rRV8#v=onepage&q=Valdivia%2C%20M.%20\(2020\).%20Sistemas%20Informaticos%20y%20Redes%20locales.%20Madrid%3A%20Ediciones%20ParaInfo.&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2V_aDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Valdivia,+M.+(2020).+Sistemas+Informaticos+y+Redes+locales.+Madrid:+Ediciones+ParaInfo.+&ots=zx5PkEYeaz&sig=XH0JTxSZQTidvT_jGNqaWE5rRV8#v=onepage&q=Valdivia%2C%20M.%20(2020).%20Sistemas%20Informaticos%20y%20Redes%20locales.%20Madrid%3A%20Ediciones%20ParaInfo.&f=false)
- van der Bij, E., Arruat, M., Cattin, M., Daniluk, G., Cobas, J. G., Gousiou, E., ... & Wlostowski, T. (2013). How to create successful Open Hardware projects—About White Rabbits and open fields. *Journal of Instrumentation*, 8(12), C12021.