

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECATRÓNICA



INFORME FINAL

Capacitación e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e
inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada
Pentágono Internacional School - San Miguel, 2025

Estudiantes

Gabriel Brandon Chipana Hancoo
Maryori Dayahana Cornejo Ccarita
Joswell Dick Barrantes Colquehuanca
Alexandra Yana Quispe
Max Wilian Lizardo Aroquipa Condori
Eduard Franklin Garnica Ticona
Brajham Oscar Quispe Pilco

Asesores

Mg.Sc. Helarf Ferrer Calsina Condori
Mg. Luz Elizabeth Huanchi Mamani
Mg. Serapio Cecilio Calcina Cueva

Juliaca – Perú

2025

Universidad Nacional de Juliaca



Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica

INFORME FINAL

PROYECTO EN PROYECCIÓN SOCIAL

Capacitación e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School - San Miguel, 2025

Modalidad : Polivalente

Nombre del equipo : Eco - Tech

Nº	Integrantes	Código de matrícula	Escuela Profesional
01.	Chipana Hanco Gabriel Brandon	2022108005	
02.	Cornejo Ccarita Maryori Dayahana	2022108017	
03.	Barrantes Colquehuanca Joswell Dick	2022108008	
04.	Yana Quispe Alexandra	2022108034	Ingeniería Mecatrónica
05.	Aroquipa Condori Max Wilian Lizardo	2022108010	
06.	Garnica Ticona Eduard Franklin	2021208022	
07.	Quispe Pilco Brajham Oscar	2022202033	Ingeniería Ambiental y Forestal

Asesores:

Mg.Sc. Helarf Ferrer Calsina Condori

Mg. Luz Elizabeth Huanchi Mamani

Mg. Serapio Cecilio Calcina Cuevas

Fecha de inicio : 08/05/25

Fecha de finalización : 25/09/25

DEDICATORIA

Dedicamos este proyecto a los estudiantes del Institución Educativa Privada Colegio Pentágono Internacional School, cuya curiosidad y entusiasmo nos motivaron a compartir conocimientos y promover el uso responsable del agua.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional y constante inspiración.

A nuestros docentes asesores, el Mg.Sc. Helarf Ferrer Calsina Condori y la Mg. Luz Elizabeth Huanchi Mamani, por su guía y confianza, y al Mg. Serapio Cecilio Calcina Cueva, por su valioso apoyo y generosidad

Finalmente, al equipo Eco-Tech, por su esfuerzo, compromiso y espíritu de colaboración.

Este logro representa el fruto del trabajo conjunto y la pasión por innovar al servicio de la educación y la sostenibilidad.

(Eco - Tech)

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este proyecto de Proyección Social titulado “Capacitación e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, 2025”.

En primer lugar, agradecemos a la Universidad Nacional de Juliaca por fomentar e impulsar las actividades de Proyección Social, que nos permiten aplicar los conocimientos adquiridos en el aula al servicio de la comunidad. Su compromiso con la formación integral de los estudiantes y la promoción de proyectos tecnológicos con impacto social ha sido un pilar fundamental para el desarrollo al progreso sostenible de nuestra región.

De igual manera, expresamos nuestro agradecimiento a la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, por su apertura, apoyo y disposición al permitirnos implementar este proyecto. Su colaboración fue esencial para generar un espacio de aprendizaje práctico y participativo, donde se pudo demostrar la importancia del uso responsable del agua y el aprovechamiento de la tecnología en los procesos educativos y ambientales.

Reconocemos también el respaldo brindado por la Dirección de Proyección Social y Extensión Cultural de la Universidad Nacional de Juliaca cuyo acompañamiento, orientación y seguimiento constante fueron determinantes para la correcta ejecución de la actividad. Gracias a su gestión, se fortaleció la vinculación entre la universidad y la sociedad, promoviendo el desarrollo de proyectos que integran el conocimiento académico con las necesidades reales de la comunidad.

Finalmente, destacamos el esfuerzo, compromiso y dedicación del equipo Eco-Tech, cuyo trabajo coordinado permitió transformar una propuesta en una experiencia concreta de innovación y servicio social. La responsabilidad, creatividad y cooperación demostradas durante todo el proceso reflejan el valor del aprendizaje compartido y el espíritu de superación que dio vida a este proyecto.

A todos ustedes, ¡gracias de corazón por ser parte de este proyecto que une tecnología, educación y sostenibilidad!

(Eco - Tech)

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria	5
Agradecimientos	6
Índice de Tablas	9
Índice de Figuras	10
Índice de Anexos	11
Resumen	12
Introducción	13
Capítulo I Revisión de Literatura	14
1.1. Marco Teórico	14
1.1.1. Riego por goteo	14
1.1.2. Fundamentos de la Agricultura y la Gestión del Agua	15
1.1.3. Sistemas de riego en agricultura	15
1.1.4. Automatización y Tecnologías Inteligentes en la Agricultura	16
1.1.5. Algoritmos de control básico	19
1.1.6. Internet de las Cosas (IoT) en Agricultura	19
1.1.7. Protocolo Zigbee como Tecnología Inteligente en Sistemas de Riego	19
1.1.8. Energías Renovables en la Agricultura	21
1.1.9. Plataformas de Control Remoto y Hogar Inteligente	22
1.2. Antecedentes	23
1.2.1. Internacionales	24
1.2.2. Nacionales	26
1.2.3. Locales	27
Capítulo II Materiales y Métodos	27
2.1. Enfoque	27
2.2. Técnicas	27
2.2.1. Talleres participativos	27
2.2.2. Sesiones de formación y capacitación	28
2.2.3. Actividades de sensibilización	28
2.2.4. Acciones directas en el terreno	28
2.3. Instrumentos de Evaluación	28
2.3.1. Lista de cotejo	29
2.3.2. Cuestionarios	

2.4.	Lugar donde se ha desarrollado la intervención	30
2.5.	Número de Beneficiarios	30
Capítulo III Objetivos logrados		31
3.1.	Líneas De Intervención De Responsabilidad Social.....	31
3.1.1.	De acuerdo al objetivo general.....	31
3.1.2.	De acuerdo a los objetivos específicos.....	31
3.2.	Descripción de Actividades Cronológicamente	34
3.2.1.	Actividad 1: Introducción al sistema de riego automatizado	34
3.2.2.	Actividad 2: Fundamentos del protocolo Zigbee	35
3.2.3.	Actividad 3: Aplicaciones móviles para el control del riego	35
3.2.4.	Actividad 4: Taller de ensamblaje y configuración	35
3.2.5.	Actividad 5: Sensibilización sobre sostenibilidad y tecnología	36
3.2.6.	Actividad 6: Instalación, Pruebas y monitoreo Inicial	36
3.2.7.	Actividad 7: Clausura	36
3.3.	Diagnóstico de impacto de las Actividades.....	37
3.4.	Resultado de encuesta de satisfacción	40
3.4.1.	Calidad pedagógica de la capacitación.....	41
3.4.2.	Calidad técnica y uso de recursos	42
3.4.3.	Impacto educativo y ambiental	43
3.4.4.	Desempeño del equipo capacitador.....	44
3.4.5.	Satisfacción general con el proyecto	45
Capítulo IV Cronograma de actividades y costos		48
4.1.	Cronograma	48
4.2.	Informe económico.....	49
Conclusiones		51
Recomendaciones.....		52
Bibliografía.....		53
Anexos.....		56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población beneficiaria Directa: Estudiantes de la Institución Educativa Privada	30
Tabla 2 Porcentaje de mejora del aprendizaje según taller o sesión	37
Tabla 3 Resultados observados en la instalación definitiva, pruebas y monitoreo inicial	39
Tabla 4 Conversión de escala Likert a niveles de satisfacción	40
Tabla 5 Nivel de satisfacción porcentual	41
Tabla 6 Calidad de técnica	42
Tabla 7 Impacto educativo y ambiente.....	43
Tabla 8 Desempeño del equipo porcentual	44
Tabla 9 Satisfacción del proyecto	45
Tabla 10 Niveles de satisfacción con las actividades.....	46
Tabla 11 Cronograma	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Incorporación de la tecnología en la agricultura.....	16
Figura 2	Esquema de la Agricultura de Precisión y sus Componentes Tecnológicos	17
Figura 3	Imagen satelital de la Institución Educativa Privada.....	30
Figura 4	Presentación del Sistema de Riego	32
Figura 5	Tablero de sistema de riego inteligente por goteo	33
Figura 6	Promedio de notas obtenidas en el diagnóstico	38
Figura 7	Nivel de satisfacción según la calidad pedagógica de la capacitación	41
Figura 8	Nivel de satisfacción según la calidad técnica y uso de recursos	42
Figura 9	Nivel de satisfacción sobre el impacto educativo y ambiental del proyecto	43
Figura 10	Nivel de satisfacción respecto al desempeño del equipo capacitador	44
Figura 11	Nivel de satisfacción general con el proyecto Eco-Tech 2025.....	45
Figura 12	Nivel global de satisfacción por género con la intervención educativa.....	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Constancia de conformidad de asesores	56
Anexo 2 Constancia de conformidad de la Institución	58
Anexo 3 Comprobantes de pago	60
Anexo 4 Conformidad de grupo de interés	64
Anexo 5 Fotografías	70

RESUMEN

El proyecto de proyección social titulado “Capacitación e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, 2025” fue desarrollado por el equipo Eco-Tech con el propósito de fomentar el uso racional del agua y fortalecer la educación tecnológica en los estudiantes. La propuesta respondió a la necesidad de implementar soluciones sostenibles mediante tecnologías del Internet de las Cosas (IoT) y comunicación inalámbrica Zigbee, que permitieron optimizar la gestión del riego en áreas verdes del colegio. El objetivo principal consistió en diseñar, implementar y capacitar en el uso de un sistema de riego automatizado por goteo, eficiente y adaptable a diferentes condiciones ambientales. La metodología aplicada tuvo un enfoque mixto: desde lo cuantitativo, se monitorearon variables técnicas como la humedad del suelo, el tiempo de riego y el consumo de agua; mientras que, desde lo cualitativo, se desarrollaron talleres participativos, sesiones formativas y actividades de sensibilización ambiental. El proyecto benefició directamente a 108 estudiantes, quienes participaron activamente en la instalación, configuración y operación del sistema, evidenciando una mejora promedio superior al 50 % en el aprendizaje técnico y un 89 % de satisfacción general por la calidad pedagógica, tecnológica y ambiental alcanzada. En conclusión, la iniciativa promovió la innovación educativa, consolidó la conciencia ambiental y logró una efectiva transferencia de conocimiento tecnológico desde la universidad hacia la comunidad educativa, demostrando la importancia de la automatización como herramienta para el uso sostenible de los recursos naturales.

Palabras clave: Riego automatizado, Protocolo Zigbee, Internet de las Cosas, Sostenibilidad ambiental, Educación tecnológica.

INTRODUCCIÓN

El uso eficiente del agua es un desafío global que requiere soluciones sostenibles e innovadoras. En este contexto, la aplicación de tecnologías automatizadas optimiza los sistemas de riego y reduce el impacto ambiental. La Ingeniería Mecatrónica y la Ingeniería Ambiental y Forestal convergen en este propósito al integrar conocimientos tecnológicos y ecológicos para desarrollar sistemas inteligentes que promuevan la gestión responsable del agua y fortalezcan la formación técnica y ambiental en el ámbito educativo.

A nivel internacional, la gestión del agua y la aplicación de tecnologías inteligentes en la agricultura se han consolidado como estrategias clave frente al cambio climático. Organismos como la FAO promueven el uso del Internet de las Cosas (IoT) y la automatización para optimizar el riego, destacando los avances de países como España y Estados Unidos en sistemas de riego por goteo automatizado.

En el Perú, persisten desafíos en la distribución del agua y la modernización de las prácticas agrícolas; sin embargo, diversas instituciones y universidades impulsan proyectos que evidencian mejoras en la eficiencia hídrica y la sostenibilidad ambiental.

En la región Puno, la variabilidad climática y el limitado acceso a tecnología dificultan una gestión adecuada del recurso, lo que refuerza la necesidad de promover soluciones accesibles que integren innovación y educación ambiental. En este contexto, el proyecto aborda el uso ineficiente del agua en las áreas verdes de la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, mediante la implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente basado en el protocolo Zigbee, orientado a optimizar el consumo de agua y fortalecer la formación tecnológica y ambiental de los estudiantes.

El informe se estructura en cuatro capítulos. El Capítulo I desarrolla la revisión de literatura y los fundamentos teóricos sobre riego por goteo, tecnologías IoT y protocolo Zigbee como base de la automatización agrícola. El Capítulo II describe los materiales, métodos y procedimientos aplicados durante la ejecución del proyecto, incluidas las estrategias pedagógicas y los instrumentos de evaluación. El Capítulo III presenta los resultados y el análisis del impacto educativo, ambiental y técnico de la intervención, junto con la valoración de la satisfacción de los beneficiarios. Finalmente, el Capítulo IV expone el cronograma, los costos, las conclusiones y las recomendaciones orientadas a la continuidad y mejora de futuras iniciativas.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. MARCO TEÓRICO

1.1.1. Riego por goteo

- Historia y Evolución

El riego es una práctica milenaria que permitió a civilizaciones antiguas como Mesopotamia y Egipto cultivar en zonas áridas, utilizando canales y acequias que extraían agua de ríos como el Tigris y el Nilo. Más adelante, los romanos perfeccionaron estos sistemas mediante la construcción de acueductos y presas. Durante la Edad Media, los musulmanes implementaron redes de acequias en regiones como Castellón, en España, muchas de las cuales siguen en funcionamiento con pocas modificaciones hasta la actualidad.

En el siglo XX, el riego por goteo surgió como una innovación significativa en Israel, desarrollado por Simcha Blass en los años 60. Este sistema revolucionario consiste en aplicar agua gota a gota directamente a la raíz de las plantas, permitiendo un uso del agua con eficiencia de hasta el 90% y reduciendo considerablemente las pérdidas por evaporación. Además, este método permite la aplicación de fertilizantes junto con el agua (fertirrigación), lo cual mejora nutrición y productividad de los cultivos. El riego por goteo es una técnica moderna que ha ganado popularidad a nivel mundial debido a su alta eficiencia y capacidad de adaptación a diversas condiciones agrícolas. El sistema funciona mediante el transporte del agua a través de tuberías plásticas de pequeño calibre, dispuestas a lo largo de las hileras de cultivo, entregándola de forma lenta y continua directamente al sistema radicular de las plantas mediante goteros o emisores (Blair, 1979). Si bien la instalación inicial del sistema puede implicar una inversión considerable, su eficiencia lo hace ideal para cultivos de alto valor económico y zonas con escasez hídrica. Es particularmente eficaz en suelos arenosos y contribuye a mejorar el rendimiento, la uniformidad, la precocidad y la calidad de los cultivos. Los componentes principales del sistema incluyen la fuente de agua, la unidad de bombeo, el cabezal de control, la red de tuberías y los emisores (Cedillo Portugal & Calzada Sandoval, 2002).

1.1.2. Fundamentos de la Agricultura y la Gestión del Agua

- Agricultura y sistemas de riego

La agricultura es una actividad esencial que provee alimentos y materias primas para diversas industrias, contribuyendo a la seguridad alimentaria, la reducción de la pobreza rural y la protección ambiental. Sin embargo, enfrenta retos como el cambio climático y la escasez de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2022).

- Tipos de plantas y sus necesidades hídricas

Las necesidades hídricas de las plantas varían en función de su especie, morfología, etapa de desarrollo y condiciones ambientales. Estas necesidades deben ser consideradas cuidadosamente al diseñar un sistema de riego eficiente, tanto en contextos agrícolas como domésticos o de jardinería (Bobadilla & Barrios, 2022). Se pueden clasificar en tres grandes grupos:

- Cultivos agrícolas: como arroz o maíz, con demandas hídricas variables según su ciclo.
- Plantas ornamentales: algunas requieren riego frecuente (césped, hortensias), otras toleran la sequía (lavanda).
- Plantas de interior: como suculentas o helechos, dependen del microclima doméstico (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, 2018).

1.1.3. Sistemas de riego en agricultura

Existen diferentes tipos de sistemas de riego, cada uno con ventajas y limitaciones. El riego por gravedad es el más antiguo y menos eficiente, ya que presenta pérdidas importantes por evaporación y filtración. El riego por aspersión, aunque más eficiente, es sensible al viento (Lamo, 2017). El riego por goteo es el más eficaz, ya que entrega agua directamente a la raíz de la planta, permitiendo ahorrar hasta un 60% de agua. Finalmente, el riego automatizado o inteligente utiliza sensores de humedad, clima y controladores programables para ajustar el riego de forma precisa y eficiente, representando una solución avanzada frente a la escasez de recursos hídricos (Huaylla, 2019).

1.1.4. Automatización y Tecnologías Inteligentes en la Agricultura

- Automatización en la agricultura

La automatización agrícola consiste en el uso de tecnologías para optimizar o reemplazar la intervención humana en las etapas del proceso agrícola (AGROPERU, 2024). Las fases clave son: diagnóstico, mediante sensores o imágenes para detectar necesidades del cultivo; toma de decisiones, basada en análisis de datos y algoritmos; y ejecución, que incluye labores como riego o cosecha, realizadas de forma manual, mecanizada o automatizada (FAO, 2022).

Figura 1

Incorporación de la tecnología en la agricultura



Nota. Tomado de "Automatización de Riego en Áreas Verdes: Eficiencia Potenciada por Dispositivos Solares y Seguimiento en Tiempo Real IoT" por ECOMU 2023.

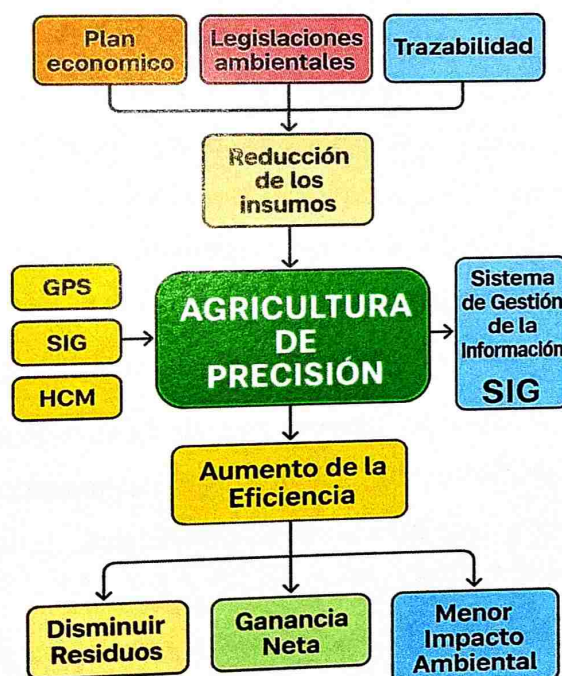
La automatización agrícola ofrece múltiples beneficios, como el aumento de la productividad, la reducción de costos, una mayor sostenibilidad ambiental y mejores decisiones gracias al uso de datos en tiempo real. Sin embargo, enfrenta desafíos importantes: alta inversión inicial, infraestructura tecnológica limitada en zonas rurales, falta de personal capacitado y posibles impactos sociales como el desplazamiento laboral (FAO, 2023).

- Agricultura de precisión

La agricultura de precisión es una estrategia moderna que busca optimizar el uso de insumos agrícolas mediante tecnologías de información. Nació en EE. UU. como un sistema cíclico que ajusta el uso de insumos según las condiciones del terreno. Su objetivo principal es aplicar la cantidad exacta de fertilizantes, semillas o agua, en el lugar y momento adecuados. Para ello, utiliza herramientas como GPS, sensores, drones y software, lo que permite obtener datos precisos del cultivo y analizar la producción por zonas específicas, en lugar de usar promedios generales (García & Flego, 2008).

Figura 2

Esquema de la Agricultura de Precisión y sus Componentes Tecnológicos



Nota. Imagen tomada de “Aplicación en la agricultura de precisión. Generación automática de mapas de rendimiento” por C. González, J. C. Sepúlveda-Peña, F. Fernández-Peña y R. Abreu, Mapping. N° 135, pp. 36–40, 2009.

Al utilizar información precisa, los agricultores pueden tomar decisiones más informadas, reducir el desperdicio de insumos y, en consecuencia, aumentar la rentabilidad del cultivo, lo que traduciría en mayores rendimientos, mejoras en la calidad de los productos y un menor impacto ambiental (Marote, 2010).

- **Agricultura de precisión en el Perú**

En el Perú, la agricultura de precisión ha comenzado a tomar mayor relevancia gracias a importantes iniciativas como el Proyecto Chavimochic - Olmos y el impulso de la agroexportación en la costa peruana. Estas acciones han favorecido el desarrollo agrícola mediante la incorporación de tecnologías avanzadas, entre las cuales destacan los drones o RPA (aeronaves pilotadas remotamente). Estos equipos permiten realizar levantamientos topográficos precisos y emplear cámaras térmicas y espectrales, esenciales para evaluar el estrés hídrico, el contenido de nitrógeno y detectar plagas o enfermedades. Así, se optimizan los recursos y se mejora la toma de decisiones en el manejo agrícola (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2019).

- **Automatización en sistemas de riego**

La automatización del riego es clave para optimizar el uso del agua en la agricultura, que consume más del 70% del agua dulce global (FAO, 2022). Mediante sensores, actuadores y unidades de control, estos sistemas ajustan el suministro de agua en función de variables como la humedad del suelo, la temperatura y las condiciones climáticas, garantizando un riego preciso y evitando el desperdicio. La automatización combinada con monitoreo remoto minimiza el desperdicio de agua y contribuye al cuidado ambiental (Sakthipriya, 2014).

- **Componentes básicos de un sistema de riego automatizado**

- **Unidad de Accionamiento (Actuadores):** Ejecutan acciones físicas como abrir válvulas o activar bombas, generalmente de tipo eléctrico o electromecánico (Ruiz-Garcia et al., 2009).
- **Unidad de Procesamiento (Controladores):** Los controladores son los "cerebros" del sistema automatizado. Se encargan de procesar datos provenientes de sensores y ejecutar acciones de riego en función de algoritmos o programación previa (Patel et al., 2013).
- **Interfaces de Usuario:** Las interfaces de usuario permiten al operario visualizar datos del sistema, configurar parámetros o ejecutar comandos manuales mediante pantallas HMI, apps móviles o plataformas web (AlAli et al., 2017).

1.1.5. Algoritmos de control básico

- Control por Tiempo

Este enfoque programa riegos en horarios fijos, independientemente de las condiciones ambientales. Aunque es simple de implementar, su principal limitación es la posibilidad de riegos inadecuados ante cambios climáticos (Gutierrez et al., 2014).

- Control por Eventos

El sistema reacciona ante condiciones específicas detectadas por sensores, como bajos niveles de humedad o altas temperaturas. Esta estrategia es más eficiente que el control por tiempo, ya que responde a las necesidades reales del cultivo.

- Control Adaptativo

Utiliza datos históricos, condiciones ambientales en tiempo real y, en ocasiones, algoritmos de inteligencia artificial para ajustar dinámicamente los parámetros de riego. Este tipo de control permite una optimización continua del sistema y se aplica en contextos agrícolas más avanzados o tecnificados (Ruiz-Garcia et al., 2009).

1.1.6. Internet de las Cosas (IoT) en Agricultura

El término "Internet de las cosas" (IoT, por sus siglas en inglés: Internet of Things) se refiere a la conexión de objetos cotidianos con internet para recopilar, enviar y recibir datos, mejorando su funcionalidad y automatizando procesos (Nieto Pacheco et al., 2023). En el ámbito agrícola, el IoT permite optimizar la producción mediante el monitoreo en tiempo real de variables como la humedad del suelo, el clima o el estado de los cultivos (Salazar & Silvestre, 2016). Esto facilita una gestión más eficiente de recursos, la automatización de tareas como el riego y la fertilización, y una mejor toma de decisiones, lo que incrementa la productividad, sostenibilidad y rentabilidad del sector (Ávila & Moreno, 2023).

1.1.7. Protocolo Zigbee como Tecnología Inteligente en Sistemas de Riego

- Protocolo Zigbee

ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrica de corto alcance y baja velocidad (hasta 250 Kbps), basado en IEEE 802.15.4. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz, y fue desarrollado por la Zigbee Alliance. Aporta un entorno estandarizado para la interoperabilidad entre dispositivos, superando las limitaciones de soluciones propietarias en domótica (Farahani, 2008).

- Características técnicas de Zigbee

Ideal para sistemas de riego automatizado gracias a su bajo consumo energético, buen alcance y eficiencia en redes con múltiples dispositivos. Opera en las bandas de 2.4 GHz, 915 MHz y 868 MHz, con velocidades de transmisión de hasta 250 kbps (Blair, 1979).

- Bajo consumo, ideal para sensores con batería
- Alta eficiencia y baja latencia
- Hasta 1.8×10^{19} dispositivos (64 bits de direccionamiento)
- Soporte para 65,536 redes (16 bits)
- Protocolo seguro con "handshake"
- Alcance típico de hasta 50 m
- Utiliza CSMA-CA para evitar colisiones de datos

- Tipos de dispositivos

El estándar IEEE 802.15.4 define dos tipos de dispositivos:

- FFD (Full Function Device): Dispositivo completo que puede operar en cualquier topología, actuar como coordinador y comunicarse con cualquier otro dispositivo.
- RFD (Reduced Function Device): Dispositivo limitado a topologías en estrella, solo se comunica con el coordinador. Es de baja complejidad, bajo consumo y pocos recursos (Pan & Tseng, 2007).

- La capa de Red ZigBee

La capa de red en ZigBee gestiona la formación y control de la red, ofreciendo servicios de datos y control mediante interfaces simples. Se comunica con las capas MAC y de aplicación, y almacena sus atributos en una base de datos (NIB). El coordinador asigna direcciones de 16 bits a los dispositivos, y los mensajes pueden enviarse como broadcast, multicast o unicast, incluyendo un contador de saltos que limita su alcance.

- Capa de aplicación Zigbee

La capa de aplicación en ZigBee está formada por la subcapa APS (Application Support) y el ZDO (ZigBee Device Object), y se encarga de gestionar la comunicación entre dispositivos. La APS facilita el descubrimiento de dispositivos en el entorno y mantiene las tablas de enlace (binding), que emparejan dispositivos según sus funciones. Por su parte, el ZDO define el rol del dispositivo dentro de la red. Esta capa también maneja solicitudes de enlace y establece una comunicación segura mediante la selección de claves u otros métodos de seguridad (Bahl & Padmanabhan, 2000).

- Topologías Zigbee

ZigBee utiliza las topologías definidas en IEEE 802.15.4 para la transferencia de datos y añade las topologías de árbol y malla. Debido al corto alcance de cada nodo, los paquetes suelen retransmitirse por varios ruteadores. El ruteo se realiza en la capa de red, por lo que no se requiere programación adicional en la capa de aplicación. Las topologías comunes son estrella, árbol y malla (Bahl & Padmanabhan, 2000).

Las topologías de red se clasifican principalmente en estrella, árbol y malla. La topología estrella es la más sencilla y está basada en el estándar IEEE 802.15.4, donde un único coordinador se conecta directamente con los nodos hijos, siendo el único que puede enrutar datos; su simplicidad es una ventaja, aunque su alcance depende del rango del coordinador. En la topología árbol, los nodos ruteadores pueden tener hijos, formando una estructura jerárquica en la que la comunicación ocurre entre nodos padre-hijo, con el coordinador en la raíz. Por último, la topología malla permite una comunicación más flexible entre nodos de función completa (FFD) dentro del mismo rango, con ruteo dinámico que mejora la eficiencia energética, la seguridad y la confiabilidad de la red.

- Aplicaciones del protocolo Zigbee en agricultura

ZigBee es ideal para agricultura por su bajo consumo, capacidad de red en malla y manejo de múltiples sensores, facilitando el monitoreo y control automático en cultivos (GAO, 2024).

- Monitoreo ambiental y control automatizado: ZigBee permite medir variables como temperatura, humedad (del aire y suelo), CO₂ y radiación solar. Estos datos se usan para ajustar automáticamente condiciones en cultivos e invernaderos, controlando ventilación, calefacción, riego y nebulización.
- Riego inteligente basado en sensores: A través de sensores de humedad del suelo, ZigBee activa el riego únicamente cuando es necesario, optimizando el uso del agua y adaptándolo a las necesidades específicas de cada zona del cultivo.

1.1.8. Energías Renovables en la Agricultura

Las fuentes de energía renovables, como la solar, la eólica y la hidroeléctrica, están siendo cada vez más adoptadas en el sector agrícola como una estrategia para reducir las emisiones de carbono y los costos energéticos. Entre ellas, la energía solar destaca por su alta disponibilidad en muchas regiones agrícolas, lo que la hace especialmente adecuada para aplicaciones rurales. Los paneles solares pueden instalarse en las explotaciones agrícolas para

generar electricidad destinada a diversas operaciones, como el funcionamiento de sistemas de riego, iluminación, ventilación y maquinaria (Aliyu et al., 2018).

- **Beneficios del uso de energías renovables**

- Disminuye la dependencia de los combustibles fósiles, lo cual contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por ende, a la mitigación del cambio climático.
- Estas fuentes energéticas resultan más rentables a largo plazo, debido a su bajo mantenimiento y menores costos operativos en comparación con las fuentes tradicionales.
- Proporcionan a los agricultores una mayor independencia energética y una mayor resiliencia frente a las fluctuaciones en los precios de la energía.

- **Combinación del Riego por Goteo con Energía Renovable**

La integración del riego por goteo con fuentes de energía renovables, especialmente la energía solar, constituye una alternativa altamente eficiente y sostenible. Utilizar energía solar para alimentar bombas y sistemas de control permite reducir el uso de electricidad de red o generadores diésel, lo que se traduce en ahorros económicos y una disminución del impacto ambiental (Aliyu et al., 2018).

Estos sistemas pueden operar de forma autónoma gracias a sensores que monitorean condiciones climáticas y del suelo, permitiendo un riego de precisión. Esto asegura que los cultivos reciban la cantidad justa de agua en el momento adecuado, mejorando el rendimiento agrícola y optimizando el uso del agua y la energía. Los paneles solares pueden instalarse sobre áreas cultivables, invernaderos o terrenos sin uso agrícola, permitiendo una generación energética eficiente sin competir por espacio productivo.

1.1.9. Plataformas de Control Remoto y Hogar Inteligente

- **eWeLink**

Plataforma que permite controlar y automatizar dispositivos inteligentes del hogar desde el celular o la computadora. Funciona con tecnologías como Wi-Fi y Zigbee, lo que hace posible conectar muchos tipos de aparatos en un solo sistema. Su aplicación es fácil de usar y permite encender, apagar, programar o automatizar los dispositivos desde cualquier lugar, usando reglas personalizadas. También ofrece herramientas para que desarrolladores y fabricantes puedan adaptar o ampliar sus funciones. (eWeLink, 2024).

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. Internacionales

En el estudio de Jiménez M. (2017) titulado Diseño de sistema de irrigación automático, utilizando SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) y red de sensores. El objetivo fue automatizar el riego por goteo, midiendo temperatura, humedad y nutrientes para activar válvulas según umbrales definidos. La metodología fue de diseño experimental, usando cinco nodos ZigBee escalables. Se utilizaron sensores de humedad, temperatura y niveles de agua, supervisados por SCADA. El sistema demostró eficacia al activar el riego automáticamente y permitió la supervisión remota de fallas. Se concluyó que es escalable y viable para optimizar recursos hídricos en agricultura.

En la investigación realizada por Vásconez C. & Chamba T. (2013), titulado el Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de balerio estacio. El objetivo fue aplicar tecnologías accesibles como domótica y GSM. Se usó una metodología experimental probando el sistema en un sector popular. Incluyó microcontrolador PIC 16F877A, sensores de humedad y nivel de agua, módulos XBee Pro, teclado y módem GSM. Los resultados evidenciaron riego automático y modo manual. Se concluyó que es viable en zonas rurales, demostrando que la automatización mejora productividad con bajo costo.

En la investigación realizada a nivel internacional, Castro S. (2016), propuso un Sistema autónomo basado en el Internet de las Cosas (IoT), con el fin de mejorar la eficiencia en el uso del agua. El objetivo fue crear una red de sensores de humedad y temperatura con raspberry pi y sduino, usando python y java. Metodología experimental con pruebas reales. El sistema integró algoritmos de aprendizaje automático y servicios web RESTful. Instrumentos: sensores, nodos IoT y nube. Los resultados mostraron predicción y control eficiente del riego. Concluyó que IoT facilita el manejo sostenible del agua y la agricultura inteligente.

En la investigación desarrollada por Marjorie N. (2017), hizo una Implementación de un prototipo de wsn con nodos inteligentes para el sistema de riego aplicado a la agricultura de precisión para el CER-ESPOCH. El objetivo fue medir humedad del suelo y temperatura para decidir el riego automático. La metodología aplicó red tipo malla, aplicación móvil Bluetooth, y almacenamiento de datos en ThinkSpeak y microsd. Se implementó en la facultad de recursos naturales, midiendo variables durante ocho días. Los instrumentos fueron sensores precisos con margen de error ± 2 centibares en humedad y ± 1 % en temperatura. Los resultados demostraron

comunicación estable hasta 300 m. Se concluyó que el sistema es fiable y útil para optimizar el uso del agua.

En la investigación realizada por Jaramillo C. et al. (2023), se implementó un sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución educativa. El objetivo fue automatizar decisiones de riego midiendo humedad y temperatura. La metodología integró nodos de sensor, control y actuador, con aplicación móvil Bluetooth y ThinkSpeak. El ámbito fue un colegio, con pruebas de ocho días. Los instrumentos incluyeron sensores de humedad y temperatura de alta precisión. Los resultados mostraron un margen de error mínimo y comunicación estable hasta 300 m. Se concluyó que es un sistema confiable, de bajo costo y replicable en entornos agrícolas y educativos.

1.2.2. Nacionales

En la investigación realizada por Ascencios et al. (2020), se desarrolló la calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador arduino. El objetivo fue automatizar y optimizar el manejo del agua agrícola mediante sensores y controladores. Se aplicó una metodología experimental instalando sensores de presión. El ámbito fue un sistema agrícola. Se usaron sensores calibrados con coeficientes R^2 entre 0.95 y 0.99, mostrando alta precisión. Los resultados demostraron un control automático eficaz del riego. El sistema garantizó ahorro de agua y operación remota. Se comprobó la viabilidad de usar tecnología accesible y de bajo costo. Se concluyó que este enfoque optimiza recursos hídricos agrícolas.

En la investigación desarrollada por Chang Wong (2020), realizó el diseño de un sistema automatizado de riego por goteo para aumentar la producción de maíz en la hacienda Durand. El objetivo fue optimizar la distribución de agua en un terreno de 8 hectáreas, mejorando áreas afectadas por la pendiente. Se empleó metodología de diseño hidráulico usando Cropwat 8.0. El ámbito fue una zona agrícola con cultivo de maíz, usando electrobombas. La automatización se implementó con un plc. Se integró una interfaz hombre-máquina para operar fácilmente. Los resultados mostraron riego y fertilización precisos en cada fase del cultivo. El análisis económico proyectó rentabilidad en 10 años. Se concluyó que la automatización mejora eficiencia y productividad rural.

En la investigación realizada por Mercado G. (2020), se propuso un sistema de riego autónomo de bajo costo para expansión. El objetivo fue automatizar el transporte y riego de

agua con una metodología experimental basada en sensores. El ámbito fue una parcela piloto con tres hileras de quince árboles cada una. Se utilizaron bombas solares, tanque de 1100 L, sensores de humedad, solenoides y supervisión en la nube. Los resultados mostraron eficiencia hídrica y autonomía del sistema. Se concluyó que esta solución es viable para zonas rurales con recursos limitados, cumpliendo el objetivo de demostrar que tecnologías accesibles mejoran el manejo del agua y apoyan la sostenibilidad agrícola.

En un estudio realizado por Acero C. (2019), se realizó la implementación de un sistema de internet de las cosas para optimizar la gestión del agua en la agricultura de la región Tacna, 2018. El objetivo fue mejorar la administración hídrica, la calidad del cultivo y reducir consumo de energía y tiempo, aplicando una metodología comparativa frente a un sistema manual tradicional. El ámbito fue un terreno de 3,535 m² con riego por goteo y reservorio de 600,000 litros. Los instrumentos incluyeron sensores, dispositivos de control remoto y la plataforma damla para análisis de datos en tiempo real. Los resultados mostraron una optimización del agua en 21.25 %. Se concluyó que la agricultura inteligente mejora la eficiencia hídrica, respalda decisiones y promueve sostenibilidad.

En el trabajo de Cruz C. (2009), titulado diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado para uva Italia, se propuso una solución para reducir el consumo de agua en cultivos de uva, reemplazando el riego por inundación por un sistema de goteo automatizado. El objetivo fue optimizar el uso hídrico mediante un sistema controlado con un microcontrolador atmega 8 que regula una válvula proporcional según la presión medida. El ámbito fue una chacra en Chincha (Ica) con muestra de 100 m. Los instrumentos incluyeron sensores de presión, puente de Wheatstone, señal 4-20 mA, goteros. Los resultados demostraron una irrigación precisa, ahorro de agua y reducción de costos. Se concluyó que el sistema es viable y replicable para pequeños agricultores.

En la investigación de Gutiérrez et al. (2012), titulada automatización de un sistema de riego agrícola por técnica de goteo y aspersión. El objetivo fue regular el riego subterráneo usando un circuito lógico y temporizador digital que controla una válvula electromecánica. El ámbito fue un entorno agrícola con riego nocturno y programación automática; no se detalla la muestra exacta. Los instrumentos principales fueron sensores de humedad del suelo, sensores de luz ambiental, temporizador y válvulas automatizadas conectadas a tuberías perforadas. Los resultados mostraron una irrigación precisa y eficiente. La conclusión fue que esta automatización mejora la gestión hídrica, reduce el consumo de agua y hace más eficaz el manejo del riego agrícola.

1.2.3. Locales

Cañazaca L. (2024) en su trabajo titulado Diseño e implementación de un sistema de control de riego tecnificado por goteo automatizado para la finca Patascachi en el distrito de Tilali – Moho. El objetivo fue mantener la humedad óptima del suelo y reducir consumo de agua y esfuerzo físico. La metodología fue experimental, comparando niveles de humedad entre riego manual y automatizado. El ámbito fue la finca Patascachi; la muestra fue el cultivo regado con ambos métodos. Los instrumentos fueron sensores de humedad, electrobombas. Los resultados mostraron que el riego logró 41 % de humedad, mientras que el sistema automatizado alcanzó 65 %. Se concluye que la automatización optimiza el uso de agua, mejora la productividad.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. ENFOQUE

Durante la ejecución del proyecto se mantuvo un enfoque metodológico mixto, combinando aspectos cuantitativos y cualitativos.

Desde el enfoque cuantitativo, se registraron datos técnicos como el tiempo y frecuencia de riego, niveles de humedad y consumo de agua, los cuales permitieron evaluar la eficiencia y funcionamiento del sistema automatizado. En el enfoque cualitativo, se realizaron talleres y actividades prácticas con los estudiantes para fortalecer sus conocimientos en tecnologías IoT, promover el aprendizaje activo y facilitar la comprensión del sistema implementado.

2.2. TÉCNICAS

2.2.1. Talleres participativos

Durante la ejecución del proyecto, se desarrollaron talleres participativos dirigidos a los estudiantes beneficiarios, con el propósito de fomentar el trabajo colaborativo y el aprendizaje activo. Estos espacios permitieron a los estudiantes involucrarse directamente en el montaje, configuración y operación del sistema de riego automatizado, utilizando dispositivos tecnológicos como la válvula inteligente Sonoff y los módulos Zigbee.

La metodología aplicada se basó en el principio de “aprender haciendo”, lo que facilitó una experiencia práctica y significativa. Gracias a esta dinámica, los participantes lograron comprender los fundamentos del Internet de las Cosas (IoT), reconociendo su utilidad en la automatización de procesos agrícolas y en la gestión responsable de los recursos naturales, especialmente el agua.

2.2.2. Sesiones de formación y capacitación

Asimismo, se realizaron sesiones de formación teóricas y prácticas centradas en temas clave como los fundamentos del protocolo Zigbee, el funcionamiento del sistema de riego por goteo, la programación de tiempos y frecuencias de riego, y el uso de aplicaciones móviles para el control remoto del sistema automatizado. Estas capacitaciones se diseñaron de manera didáctica y dinámica, adecuadas al nivel educativo de los estudiantes de secundaria, incorporando recursos visuales, demostraciones en tiempo real y ejemplos prácticos. De esta

forma, se logró despertar el interés por las tecnologías emergentes, promoviendo la curiosidad científica y el desarrollo de habilidades técnicas en los participantes.

2.2.3. Actividades de sensibilización

Se llevaron a cabo actividades de sensibilización ambiental dentro de la institución educativa, enfocadas en promover el uso responsable del agua y la importancia de las tecnologías sostenibles. Durante la jornada, se presentaron diapositivas informativas que explicaban el funcionamiento del sistema de riego automatizado y su aporte al cuidado del medio ambiente.

2.2.4. Acciones directas en el terreno

Durante la fase práctica del proyecto, se ejecutaron acciones directas en campo, en las cuales los estudiantes participaron activamente en la instalación del sistema de riego automatizado, la colocación de sensores, la conexión de válvulas y la realización de pruebas funcionales. Esta participación permitió poner en práctica los conocimientos adquiridos en los talleres y sesiones formativas, fortaleciendo habilidades técnicas, de resolución de problemas y trabajo en equipo.

2.3. INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

Para garantizar una evaluación integral del proceso de capacitación y de la implementación tecnológica, se emplearon instrumentos de carácter cuantitativo y cualitativo.

Desde el enfoque cuantitativo, se registraron mediciones relacionadas con el funcionamiento técnico del sistema como tiempos de riego, humedad del suelo y consumo de agua; lo que permitió comprobar la eficiencia del sistema automatizado.

Desde el enfoque cualitativo, se aplicaron observaciones directas, encuestas y retroalimentaciones de los estudiantes, con el fin de evaluar su nivel de aprendizaje, participación y sensibilización ambiental.

2.3.1. Lista de cotejo

Durante las sesiones prácticas y las acciones en campo, se utilizaron listas de cotejo que permitieron evaluar el desempeño técnico de los estudiantes en diferentes aspectos del proceso de implementación.

Estas listas incluyeron la verificación de la instalación adecuada de los sensores y válvulas inteligentes, la configuración correcta del sistema de riego y de la red Zigbee, así como la capacidad de los participantes para identificar y resolver fallas básicas durante la operación del sistema.

Además, se evaluó el uso apropiado de las aplicaciones móviles destinadas al control remoto del riego. Este instrumento permitió realizar un seguimiento detallado, tanto a nivel individual como grupal, evidenciando la evolución técnica y la apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes a lo largo del proyecto.

2.3.2. Cuestionarios

Durante las sesiones teóricas y prácticas, se aplicaron cuestionarios de evaluación con el fin de medir el nivel de comprensión de los estudiantes respecto a los contenidos impartidos. Los temas evaluados incluyeron el funcionamiento del sistema de riego por goteo, los principios del protocolo Zigbee, la programación del riego automatizado y el uso de herramientas móviles.

Los cuestionarios, que contenían preguntas de opción múltiple, verdadero/falso, análisis de casos y respuestas breves, fueron aplicados al inicio y al final del proceso formativo, permitiendo identificar los avances en el aprendizaje y valorar el impacto de las sesiones educativas. Esta información sirvió para reflexionar sobre la efectividad de las estrategias didácticas empleadas durante la intervención.

2.4. LUGAR DONDE SE HA DESARROLLADO LA INTERVENCIÓN

La intervención se llevó a cabo en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School, ubicada en el Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, departamento de Puno, con coordenadas geográficas 15°28'44.673"S y 70°7'48.168"O, a una altitud de 3.798 m.s.n.m.

Figura 3

Imagen satelital de la Institución Educativa Privada



2.5. NÚMERO DE BENEFICIARIOS

Tabla 1

Población beneficiaria directa: Estudiantes de la Institución Educativa Privada

Población beneficiaria directa: Estudiantes de la Institución Educativa 1770000			
Grado	Sección	Género	Total
Primero Grado	Único	Hombres	15
		Mujeres	10
Segundo Grado	Único	Hombres	10
		Mujeres	13
Tercer Grado	Único	Hombres	13
		Mujeres	12
Cuarto Grado	Único	Hombres	10
		Mujeres	13
Quinto Grado	Único	Hombres	7
		Mujeres	5
Total			108

CAPÍTULO III

OBJETIVOS LOGRADOS

3.1. LÍNEAS DE INTERVENCIÓN DE RESPONSABILIDAD SOCIAL

El presente proyecto se enmarca en la línea de investigación “Desarrollo de sistemas de riego automático, maquinaria agrícola inteligente, sistemas de monitoreo de cultivos y ganado, entre otros”, ya que propone la implementación de un sistema de riego por goteo automatizado que incorpora tecnologías sostenibles e Internet de las Cosas (IoT) como dispositivos Sonoff empleando protocolo Zigbee.

3.1.1. De acuerdo al objetivo general

- Capacitar e implementar un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, 2025.

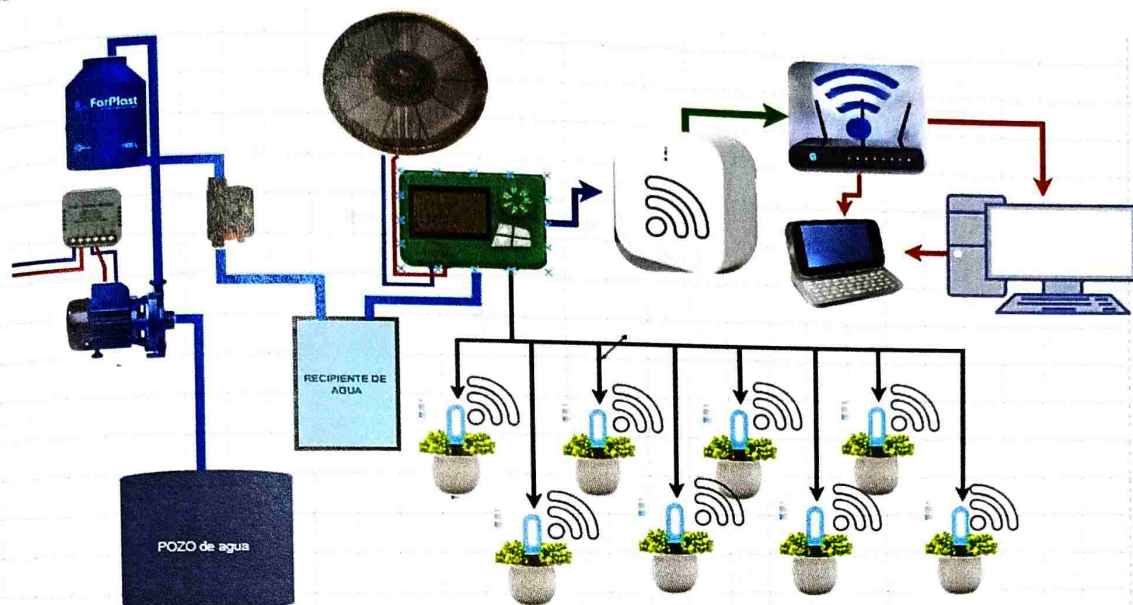
En primer lugar, la implementación técnica se concretó mediante la instalación del sistema automatizado de riego, tal como se evidencia en las fotografías del Anexo 5, que muestran las etapas de montaje, conexión de dispositivos Sonoff Zigbee y pruebas funcionales del sistema. Asimismo, la fase de capacitación dirigida a los estudiantes del colegio logró fortalecer sus competencias en IoT, sostenibilidad y automatización, como se refleja en la Figura 8, donde se observa un incremento progresivo en las calificaciones promedio. Los resultados confirman tanto la efectividad del enfoque teórico-práctico aplicado como la apropiación del componente ambiental y tecnológico del proyecto Eco-Tech, evidenciando el cumplimiento integral del objetivo general planteado

3.1.2. De acuerdo a los objetivos específicos

- Diseñar un sistema de riego por goteo automatizado, basado en el protocolo Zigbee, que permita controlar de manera remota y eficiente la irrigación de áreas verdes en la institución educativa.

Figura 4

Presentación del Sistema de Riego



La Figura 4 presenta el **esquemático general** del sistema, en el cual se visualizan las conexiones eléctricas y electrónicas entre los componentes principales: sensores de humedad del suelo, módulo Zigbee, microcontrolador y actuadores de riego. Este diseño representa la arquitectura funcional del sistema, evidenciando la integración entre el subsistema de monitoreo (sensores) y el subsistema de control (válvula y bomba de riego).

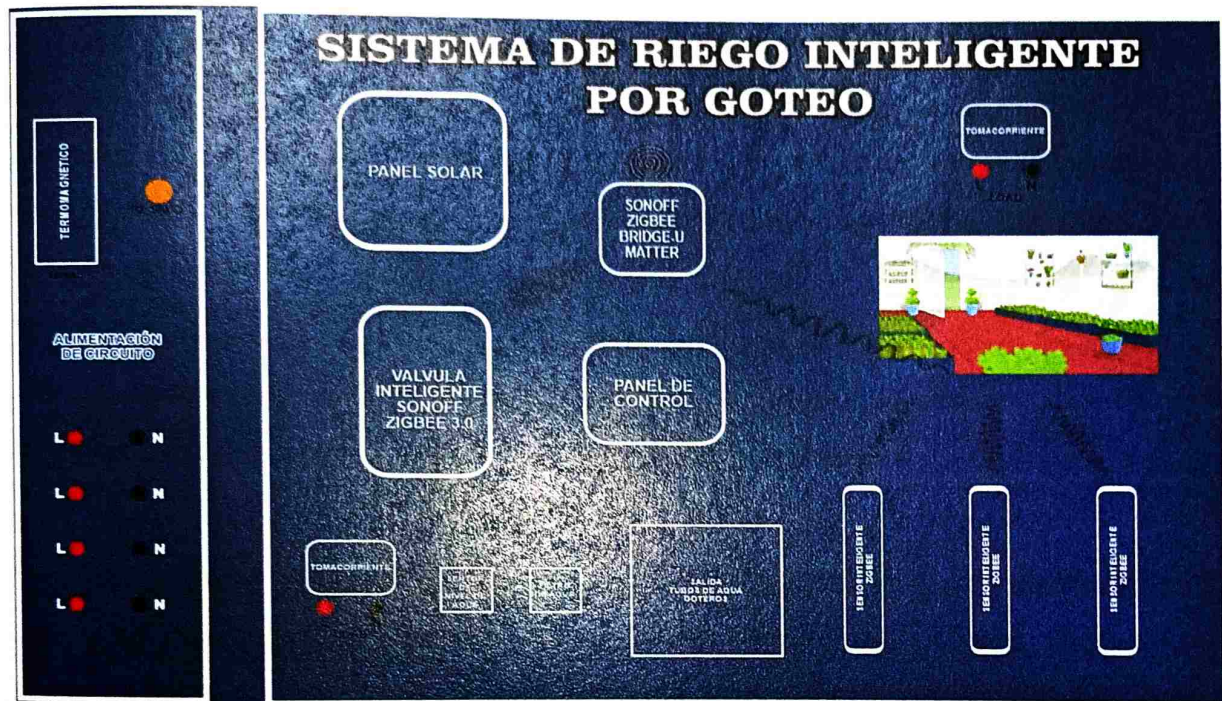
El esquema incluye la fuente de alimentación, el tanque de agua, la bomba eléctrica y las líneas de goteo que distribuyen el caudal hacia las plantas. El uso del protocolo Zigbee permite la transmisión inalámbrica de datos hacia el módulo central, posibilitando el monitoreo y control remoto del riego desde una aplicación móvil, lo que optimiza el uso del recurso hídrico.

De esta manera, el diseño esquemático evidencia la planificación técnica y funcional del sistema, cumpliendo el objetivo de establecer una solución automatizada, eficiente y controlable a distancia.

- Implementar un sistema de riego por goteo automatizado que utilice el protocolo Zigbee para mejorar la eficiencia en el uso del agua en las áreas verdes del colegio

Figura 5

Tablero de sistema de riego inteligente por goteo



En la Figura 5 se observa el tablero de control didáctico desarrollado por el equipo del proyecto, el cual sirvió como herramienta principal para la capacitación práctica de los estudiantes y como modelo base para la implementación final del sistema en el área verde de la institución. Este tablero integra los módulos Zigbee, sensores de humedad, válvula de control y componentes electrónicos necesarios para la automatización del riego.

Posteriormente, tomando como referencia este diseño, se procedió a la instalación e implementación del sistema real de riego por goteo, evidenciada mediante las fotografías presentadas en el Anexo 5, donde se aprecia la estructura del sistema, el tendido de tuberías, la conexión de válvulas y la puesta en marcha del control inalámbrico.

La implementación logró optimizar el uso del agua mediante un control automatizado y preciso del riego, validando la efectividad del protocolo Zigbee para la transmisión de datos y la operación remota del sistema

- Capacitar a los estudiantes en el manejo y operación del sistema de riego automatizado a través de talleres educativos, promoviendo la adquisición de conocimientos prácticos en tecnologías IoT aplicadas al riego sostenible

Muestra el promedio de notas obtenidas por los estudiantes en el diagnóstico inicial y en las evaluaciones posteriores a cada taller formativo. Se evidencia un incremento significativo en el nivel de aprendizaje, especialmente en los módulos de Sensibilización y concientización hídrica, Fundamentos del protocolo Zigbee y Aplicaciones móviles para el control del riego. Los talleres de Ensamblaje y configuración e Introducción al sistema de riego automatizado también registraron mejoras notables, lo que demuestra el desarrollo progresivo de las competencias técnicas.

Adicionalmente, las fotografías incluidas en el Anexo 5 documentan las actividades prácticas realizadas durante las sesiones de capacitación, donde los estudiantes participaron activamente en el montaje, configuración y operación del sistema.

3.2. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES CRONOLÓGICAMENTE

El proyecto de proyección social “Eco – Tech: Sistema de riego automatizado con tecnología IoT” fue aprobado mediante la Resolución de Consejo de Comisión Organizadora N.º 567-2025-CCO-UNAJ, desarrollándose en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School del Distrito de San Miguel, Provincia de San Román, Puno, desde el 08 de mayo hasta el 25 de septiembre de 2025. Con un costo aproximado de S/ 3,291.00, se ejecutaron actividades como la presentación y exposición del proyecto, talleres participativos y sesiones prácticas sobre la instalación y funcionamiento del sistema de riego automatizado con tecnología IoT y módulos Zigbee, además de acciones de sensibilización ambiental, promoviendo el uso responsable del agua y el aprendizaje tecnológico entre los estudiantes beneficiarios.

3.2.1. Actividad 1: Introducción al sistema de riego automatizado

En esta primera jornada se desarrolló una sesión dedicada a comprender el funcionamiento del riego automatizado por goteo y su relevancia en la gestión eficiente del agua. El propósito principal fue motivar a los estudiantes a cuidar las plantas y valorar la importancia de un riego adecuado para su desarrollo. Durante la exposición, el equipo ECO-TECH explicó los principales beneficios de la automatización del riego, comparándola con métodos tradicionales y resaltando su aporte a la sostenibilidad. Como resultado, los participantes mostraron gran interés y reflexionaron sobre la necesidad de emplear tecnología

en favor del medio ambiente. Finalmente, se concluyó que el uso de sistemas automatizados permite optimizar el recurso hídrico y fomentar prácticas responsables de cultivo (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 1).

3.2.2. Actividad 2: Fundamentos del protocolo Zigbee

Durante esta sesión se explicó el protocolo Zigbee, sus principios básicos y su importancia en la comunicación inalámbrica de bajo consumo. El objetivo fue que los estudiantes comprendieran cómo permite la interconexión de sensores y dispositivos inteligentes. Se empleó un tablero demostrativo y la aplicación eWeLink para mostrar su funcionamiento en tiempo real. También se abordaron sus aplicaciones en domótica y automatización agrícola, resaltando su utilidad en el control de riego, iluminación y seguridad. Los resultados reflejaron una mejor comprensión del tema y un alto interés por la tecnología IoT, fortaleciendo el aprendizaje teórico y práctico sobre Zigbee (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 2).

3.2.3. Actividad 3: Aplicaciones móviles para el control del riego

En la tercera actividad se desarrolló una exposición práctica sobre el sistema de riego automatizado, explicando su funcionamiento y su aporte al uso eficiente del agua. El objetivo fue que los estudiantes comprendieran cómo la tecnología mejora el riego y el cuidado de las plantas. Durante la sesión se mostró la programación remota del sistema y el uso de la aplicación eWeLink con Zigbee, detallando su instalación y vinculación con los dispositivos. Los resultados reflejaron interés y participación activa. En general, la actividad reforzó los conocimientos sobre IoT y promovió el aprendizaje práctico orientado al uso responsable del recurso hídrico (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 3).

3.2.4. Actividad 4: Taller de ensamblaje y configuración

El taller de ensamblaje y configuración del sistema de riego automatizado ECO-TECH se desarrolló en el aula con amplia participación estudiantil. El objetivo fue que los alumnos comprendieran el funcionamiento práctico del sistema inteligente por goteo aplicando los conocimientos previos sobre Zigbee e IoT. Se incluyó una breve capacitación en seguridad eléctrica, el uso de tableros y conexiones a 220 V, y el montaje completo del sistema. Los estudiantes verificaron su operatividad y observaron cómo la tecnología IoT permite controlar el riego de forma remota. En conjunto, la actividad promovió el aprendizaje técnico y el uso responsable de los recursos naturales (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 4).

3.2.5. Actividad 5: Sensibilización sobre sostenibilidad y tecnología

En este taller se destacó la importancia del agua y su papel esencial en la vida y las actividades humanas. El objetivo fue generar conciencia sobre su uso responsable, resaltando que solo el 1% del agua dulce es apta para el consumo humano. Se explicó cómo el exceso o la escasez de riego afecta la salud y productividad de las plantas, y se mencionó el caso de las lentejas de agua en el lago Titicaca, causadas por el exceso de nitrógeno. Finalmente, se reflexionó sobre los riesgos del consumo de agua sin hervir y la necesidad de cuidar y valorar este recurso vital (Ver anexos 6 - Fotografía: Actividad 5).

3.2.6. Actividad 6: Instalación, Pruebas y monitoreo Inicial

La instalación final del sistema de riego automatizado marcó la etapa culminante del proyecto, integrando todos los componentes trabajados previamente. El objetivo fue implementar el sistema de forma funcional, verificando su operatividad en condiciones reales y aplicando los conocimientos adquiridos en los talleres. Durante la actividad, los estudiantes participaron en el montaje y configuración con apoyo del equipo ECO-TECH. En general, la instalación confirmó la eficiencia del sistema de riego por goteo, consolidándolo como una alternativa tecnológica sostenible que impulsa el uso responsable del agua (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 6).

3.2.7. Actividad 7: Clausura

La fase de prueba y monitoreo del sistema ECO-TECH, junto con la clausura del proyecto, marcó la culminación de las actividades. El director destacó la importancia de la iniciativa para fortalecer la formación tecnológica y la conciencia ambiental. Los estudiantes realizaron pruebas del sistema en condiciones reales y recibieron capacitación para su mantenimiento. Los asesores validaron los resultados, asegurando el cumplimiento de los objetivos técnicos y pedagógicos. Finalmente, el equipo ECO-TECH presentó los logros alcanzados y entregó libros como reconocimiento, reafirmando el impacto educativo y ambiental del proyecto (Ver anexos 5 - Fotografía: Actividad 7).

3.3. DIAGNÓSTICO DE IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES

Para evaluar el impacto del proyecto ECO-TECH: Sistema de riego automatizado sostenible mediante IoT y protocolo Zigbee, se aplicó un diagnóstico inicial y pruebas de aprendizaje posteriores en cada sesión de capacitación. El diagnóstico inicial se realizó al inicio del proyecto, durante la introducción del tema, con el propósito de identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre automatización, ahorro del agua y tecnologías IoT. Posteriormente, al finalizar cada taller temático, se efectuaron evaluaciones cortas y anónimas que permitieron medir la evolución del aprendizaje y la comprensión práctica de los contenidos desarrollados.

Tabla 2

Porcentaje de mejora del aprendizaje según taller o sesión

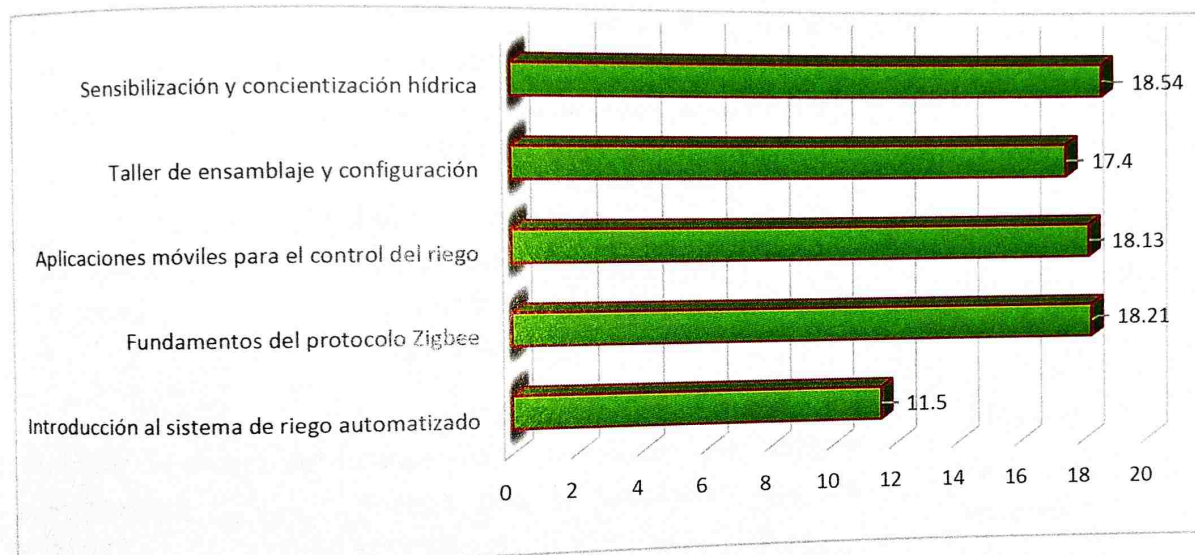
Actividad Desarrollada	Promedio diagnóstico inicial	Promedio prueba posterior	Porcentaje de mejora (%)
Introducción al sistema de riego automatizado	11.5	17.05	50.75%
Fundamentos del protocolo Zigbee	11.5	18.21	58.35 %
Aplicaciones móviles para el control del riego	11.5	18.13	57.65 %
Taller de ensamblaje y configuración	11.5	17.40	51.30 %
Sensibilización y concientización hídrica	11.5	18.54	61.20 %

Nota. El diagnóstico inicial se realizó durante la introducción al proyecto, con el objetivo de identificar los conocimientos previos de los estudiantes sobre riego automatizado, IoT y sostenibilidad. Las evaluaciones a los estudiantes se aplicaron de forma anónima al finalizar cada taller. Los resultados evidencian una mejora general superior al 50 % respecto al nivel inicial, destacando los mayores avances en los talleres de sensibilización hídrica y Zigbee.

Interpretación: La Tabla 2 muestra la evolución del aprendizaje de los estudiantes a lo largo del proyecto ECO-TECH. El diagnóstico inicial, aplicado durante la introducción, estableció un promedio base de 11.5 puntos. A partir de los talleres técnicos y prácticos, los resultados posteriores reflejan un incremento sostenido del conocimiento, alcanzando mejoras entre 51 % y 61 %. Estos avances confirman la efectividad de la metodología teórico-práctica y la apropiación de conceptos sobre automatización, riego inteligente y uso responsable del agua.

Figura 6

Promedio de notas obtenidas en el diagnóstico



Nota. Los valores corresponden al promedio de notas obtenidas por los estudiantes en el diagnóstico inicial y en las pruebas aplicadas al finalizar cada taller. Se aprecia un incremento constante del rendimiento académico, alcanzando calificaciones superiores a 17 puntos en todas las sesiones prácticas del proyecto ECO-TECH.

Interpretación: La figura 7 muestra el progreso de las notas promedio obtenidas por los estudiantes en el diagnóstico inicial y en las pruebas posteriores de cada taller. Se observa un incremento sostenido en el desempeño, pasando de 11.5 puntos en el pretest a valores entre 17.4 y 18.5 puntos en los talleres finales. Estos resultados evidencian un mejor dominio de los conceptos técnicos y la efectividad de la metodología teórico-práctica aplicada en el proyecto ECO-TECH. El taller de sensibilización hídrica presentó el mayor promedio (18.54), reflejando la apropiación del enfoque ambiental y tecnológico del proyecto.

Tabla 3

Resultados observados en la instalación definitiva, pruebas y monitoreo inicial

Aspecto evaluado		Descripción de resultados observados	Nivel alcanzado
Funcionamiento del sistema		El sistema ECO-TECH se instaló correctamente, respondiendo a las variaciones de humedad del suelo y activando el riego de forma automática mediante Zigbee.	Alto (ver anexos Fotografías)
Comunicación (Zigbee)	IoT	Estable y sin interrupciones significativas durante las pruebas. Los sensores y actuadores se conectaron correctamente al puente Zigbee.	Alto (ver anexos Fotografías)
Participación estudiantil		Los estudiantes colaboraron activamente en la instalación, pruebas y configuración, demostrando dominio del proceso.	Muy alto (ver anexos Fotografías)
Aplicación práctica del conocimiento		Los participantes relacionaron los conceptos aprendidos en talleres previos con la instalación real del sistema.	Muy alto (ver anexos Fotografías)
Impacto educativo		Se fortaleció la comprensión del uso sostenible del agua y la utilidad de la automatización agrícola.	Alto (ver anexos Fotografías)

Nota. Los resultados se basan en la observación directa durante la etapa de instalación definitiva y el monitoreo inicial del sistema en donde no se aplicaron pruebas escritas.

Interpretación: En la tabla 3 durante la etapa de instalación definitiva, pruebas y monitoreo inicial del sistema ECO-TECH, no se aplicaron pruebas de aprendizaje, ya que la evaluación se centró en la observación del desempeño técnico y la participación activa de los estudiantes. Se constató que el sistema de riego automatizado funcionó correctamente. Los estudiantes demostraron autonomía, aplicaron adecuadamente los conocimientos adquiridos. En conjunto, los resultados cualitativos evidencian un alto nivel de logro práctico, consolidando los aprendizajes obtenidos y validando la funcionalidad del sistema instalado.

3.4. RESULTADO DE ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Con el propósito de evaluar la percepción y el nivel de satisfacción de los estudiantes beneficiarios respecto a la capacitación e implementación del sistema de riego por goteo automatizado mediante protocolo Zigbee, se aplicó una encuesta estructurada tipo Likert de cinco niveles: Muy en desacuerdo, En desacuerdo, Ni de acuerdo ni en desacuerdo, De acuerdo y Muy de acuerdo.

La encuesta fue aplicada a 108 estudiantes (55 hombres y 53 mujeres) de los grados de primero a quinto de secundaria de la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel, quienes participaron activamente en las actividades de formación y en la instalación del sistema de riego del proyecto ECO-TECH 2025.

El objetivo del instrumento fue medir el nivel de satisfacción general y por dimensiones, considerando aspectos pedagógicos, técnicos, ambientales, organizativos y de desempeño del equipo capacitador. Para el análisis, las respuestas se agruparon en niveles de satisfacción equivalentes según la siguiente conversión:

Tabla 4

Conversión de escala Likert a niveles de satisfacción

Escala original (Encuesta)	Nivel de satisfacción equivalente
Muy de acuerdo	Muy satisfecho
De acuerdo	Satisfecho
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	Neutro
En desacuerdo	Poco satisfecho
Muy en desacuerdo	Insatisfecho

Nota. Esta conversión permitió estandarizar los resultados y facilitar su interpretación global en términos de satisfacción estudiantil.

3.4.1. Calidad pedagógica de la capacitación

Tabla 5

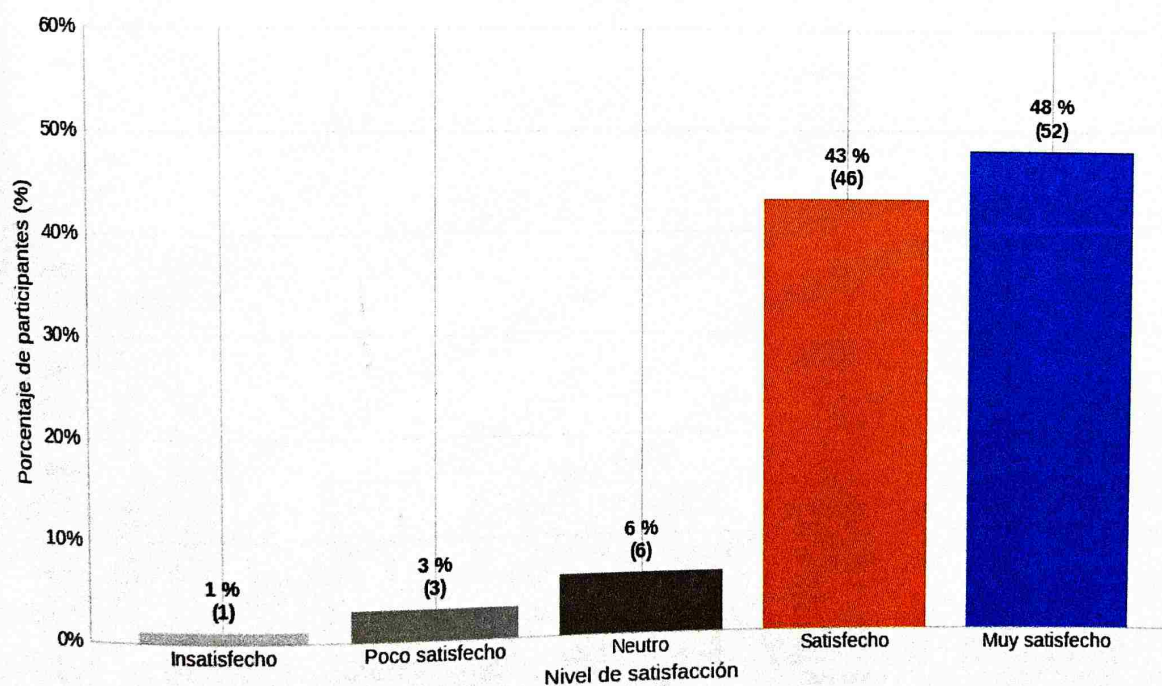
Nivel de satisfacción porcentual

Nivel de satisfacción	Frecuencia	Porcentaje
Insatisfecho	1	1%
Poco satisfecho	3	3%
Neutro	6	6%
Satisfecho	46	43%
Muy satisfecho	52	48%

Interpretación: En la tabla 5 el 91% de los encuestados se declaró satisfecho o muy satisfecho con la metodología de enseñanza y los contenidos presentados, lo que evidencia una apropiada claridad pedagógica y utilidad en el proceso de aprendizaje.

Figura 7

Nivel de satisfacción según la calidad pedagógica de la capacitación



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto ECO-TECH 2025.

Interpretación: En la figura 8 la mayoría de los estudiantes valoró positivamente la claridad pedagógica y la metodología empleada durante la capacitación.

3.4.2. Calidad técnica y uso de recursos

Tabla 6

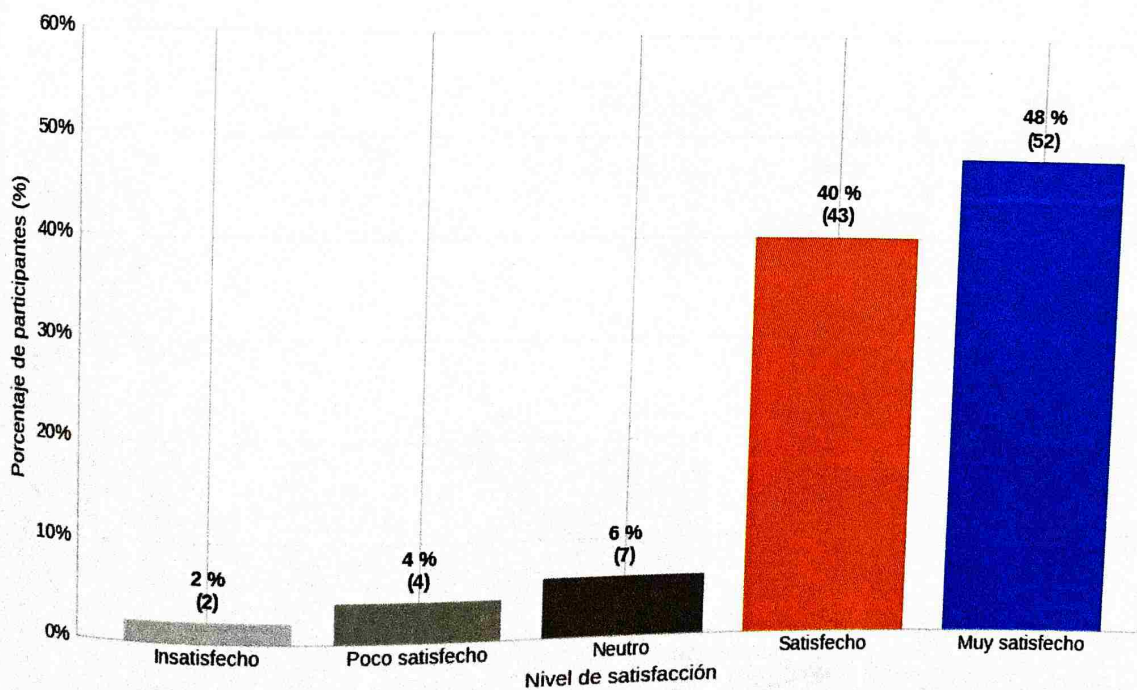
Calidad de técnica

Nivel de satisfacción	Frecuencia	Porcentaje
Insatisfecho	2	2%
Poco satisfecho	4	4%
Neutro	7	6%
Satisfecho	43	40%
Muy satisfecho	52	48%

Interpretación: En la tabla 6 el 88% de los estudiantes expresó satisfacción con los materiales, sensores, válvulas y demás dispositivos tecnológicos empleados en la capacitación, reconociendo su aplicabilidad práctica y valor educativo.

Figura 8

Nivel de satisfacción según la calidad técnica y uso de recursos



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto ECO-TECH 2025.

Interpretación: En la figura 9 los resultados reflejan una alta valoración del material tecnológico utilizado, destacando su utilidad práctica y calidad técnica.

3.4.3. Impacto educativo y ambiental

Tabla 7

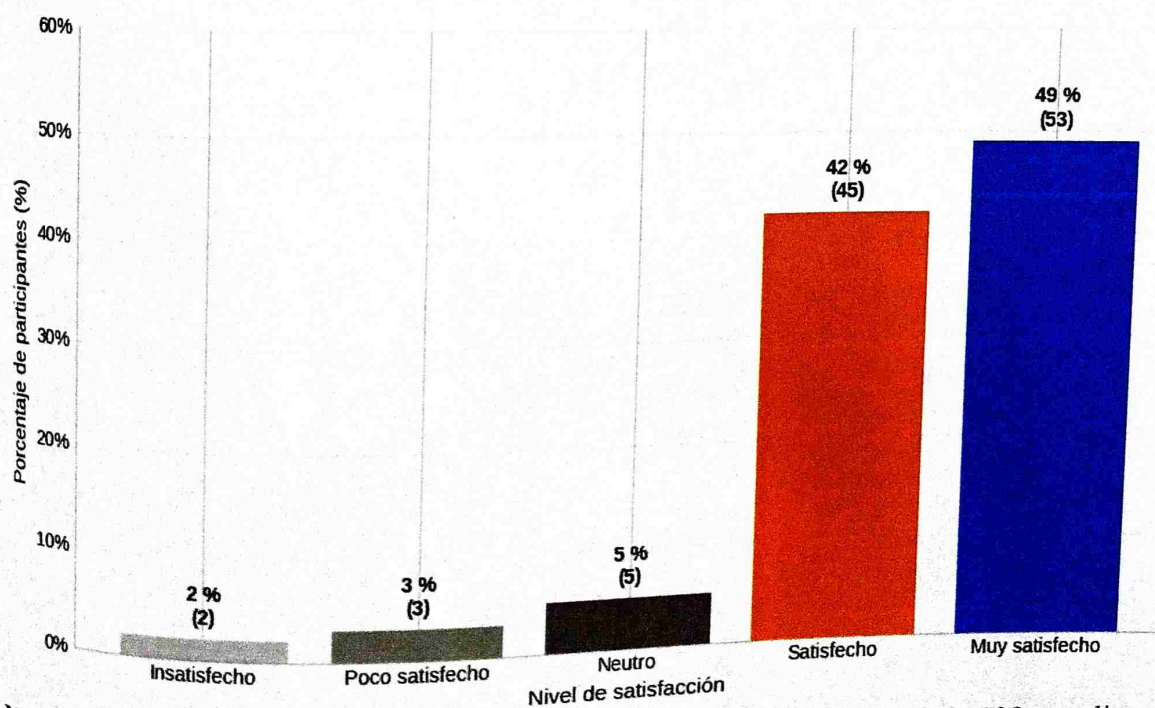
Impacto educativo y ambiente

Nivel de satisfacción	Frecuencia	Porcentaje
Insatisfecho	2	2%
Poco satisfecho	3	3%
Neutro	5	5%
Satisfecho	45	42%
Muy satisfecho	53	49%

Interpretación: En la tabla 7 el 91% de los encuestados reconoció que el proyecto fortaleció su conciencia ambiental y conocimientos sobre el uso responsable del agua mediante tecnologías de automatización, cumpliendo los objetivos de sostenibilidad planteados.

Figura 9

Nivel de satisfacción sobre el impacto educativo y ambiental del proyecto



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto ECO-TECH 2025.

Interpretación: Se observa en la figura 10 una percepción favorable respecto al aprendizaje adquirido y la conciencia ambiental promovida por el proyecto.

3.4.4. Desempeño del equipo capacitador

Tabla 8

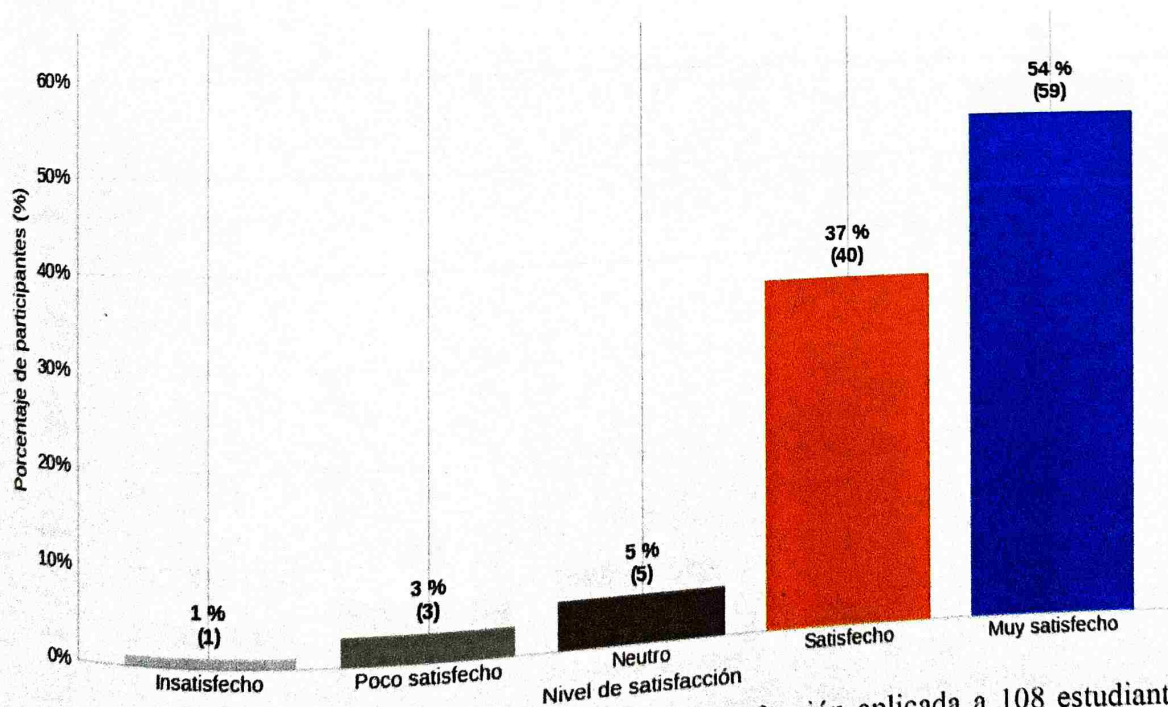
Desempeño del equipo porcentual

Nivel de satisfacción	Frecuencia	Porcentaje
Insatisfecho	1	1%
Poco satisfecho	3	3%
Neutro	5	5%
Satisfecho	40	37%
Muy satisfecho	59	54%

Interpretación: En la tabla 8 el 91% de los estudiantes calificó de forma positiva la labor del equipo capacitador, destacando la claridad de las explicaciones, la disposición a resolver dudas y el acompañamiento durante la instalación del sistema Zigbee

Figura 10

Nivel de satisfacción respecto al desempeño del equipo capacitador



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto Eco-Tech 2025.

Interpretación: En la figura 11 Los participantes reconocieron el compromiso, claridad y acompañamiento brindado por el equipo capacitador.

3.4.5. Satisfacción general con el proyecto

Tabla 9

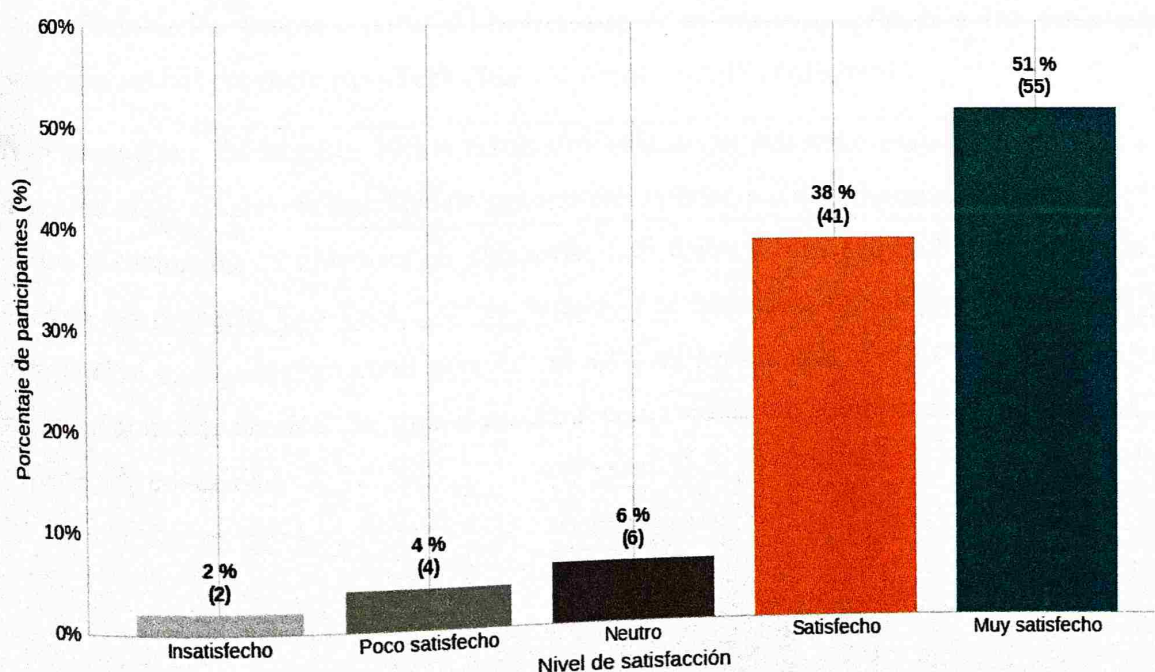
Satisfacción del proyecto

Nivel de satisfacción	Frecuencia	Porcentaje
Insatisfecho	2	2%
Poco satisfecho	4	4%
Neutro	6	6%
Satisfecho	41	38%
Muy satisfecho	55	51%

Interpretación: En tabla 9 el 89% de los estudiantes se mostró satisfecho o muy satisfecho con la experiencia general del proyecto Eco-Tech, lo que evidencia la pertinencia y aceptación de la propuesta tecnológica y educativa.

Figura 11

Nivel de satisfacción general con el proyecto Eco-Tech 2025



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto Eco-Tech 2025.

Interpretación: En la figura 12 La mayoría expresó satisfacción general con la experiencia del proyecto, evidenciando su impacto formativo y tecnológico.

Tabla 10*Niveles de satisfacción con las actividades*

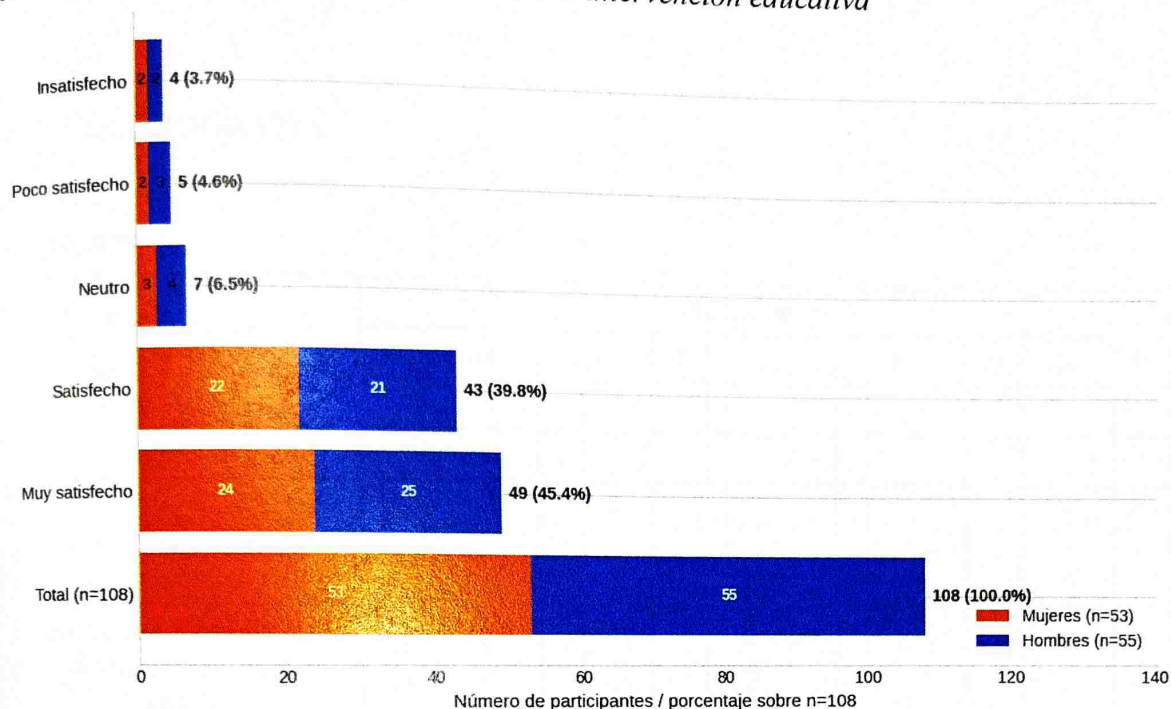
Nivel de satisfacción	Mujeres		Hombres		Total	
	(n=53)	%	(n=55)	%	(n=108)	%
Insatisfecho	2	4%	2	4%	4	4%
Poco satisfecho	2	4%	3	5%	5	5%
Neutro	3	6%	4	7%	7	6%
Satisfecho	22	42%	21	38%	43	40%
Muy satisfecho	24	45%	25	46%	49	45%
Total	53	100%	55	100%	108	100%

Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto Eco-Tech 2025 (Mujeres = 53; Hombres = 55).

Interpretación: En la tabla 10 los resultados evidencian que tanto mujeres como hombres muestran altos niveles de satisfacción general con la intervención educativa. En total, el 85% de los participantes se ubicó en las categorías Satisfecho y Muy satisfecho, confirmando la eficacia del proyecto Eco-Tech 2025 en fortalecer la formación tecnológica y ambiental. La distribución es equilibrada entre géneros: el 87% de las mujeres y el 84% de los hombres manifestaron satisfacción, lo que demuestra una valoración homogénea y positiva de la experiencia educativa.

Figura 12

Nivel global de satisfacción por género con la intervención educativa



Nota. Elaboración propia a partir de la encuesta de satisfacción aplicada a 108 estudiantes beneficiarios del proyecto ECO-TECH 2025 (Mujeres = 53; Hombres = 55).

Interpretación: En la figura 13 los resultados reflejan un alto nivel de satisfacción general entre los participantes, con porcentajes muy similares entre mujeres (87%) y hombres (84%) en las categorías “Satisfecho” y “Muy satisfecho”. Este equilibrio indica que la intervención fue percibida positivamente sin sesgos de género, demostrando una implementación efectiva y una adecuada respuesta del público beneficiario. En conjunto, el 85% de satisfacción total confirma que el proyecto ECO-TECH 2025 logró consolidar aprendizajes significativos, fomentar la conciencia ambiental y fortalecer las competencias tecnológicas de los estudiantes, cumpliendo los objetivos educativos propuestos.

CAPITULO IV

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES Y COSTOS

4.1. CRONOGRAMA

Tabla 11

Cronograma

Actividades	Meses de 2025								
	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Conformación de equipo		Fecha 08-05-2025							
Elaboración de plan			Fecha 20-05-2025						
Apertura de proyección				Fecha 09-08-2025 Hora 8:00 am hasta 10:00 am					
Actividad 1: Introducción al sistema de riego automatizado				Fecha 14-08-2025 Hora 8:00 am hasta 9:45 am					
Actividad 2: Fundamentos del protocolo Zigbee				Fecha 21-08-2025 Hora 8:00 am hasta 9:45 am					
Actividad 3: Aplicaciones móviles para el control del riego (Informe de avance del 50%)				Fecha 28-08-2025 Hora 8:00 am hasta 9:45:00 am					
Actividad 4: Taller de ensamblaje y configuración				Fecha 04-09-2025 Hora 8:00 am hasta 9:45 am					
Actividad 5: Sensibilización sobre sostenibilidad y tecnología					Fecha 11-09-2025 Hora 8:00 am hasta 9:45 am				
Actividad 6: Instalación, Pruebas y monitoreo Inicial					Fecha 18-09-2025 Hora 8:00 am hasta 11:00 am				
Actividad 7: Clausura					Fecha 25-09-2025 Hora 8:00 am hasta 11:00 am				

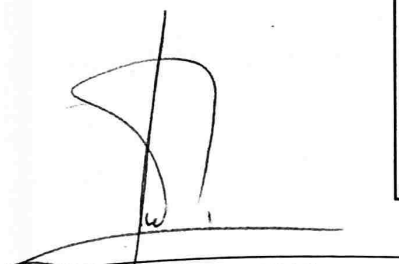
4.2. INFORME ECONÓMICO

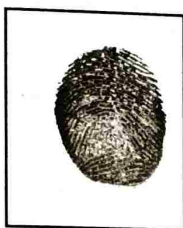
Nombre del grupo: Eco - Tech

Fecha de inicio: 08/05/25

Fecha de finalización: 25/09/25

N°	Fecha	Comprobante		Detalle de gasto	Importe s/.
		C/P	N°		
1	28/07/2025	Constancia de operación	410662	Kits de Riego por goteo con panel solar	1205.20
2	9/08/2025	Declaración Jurada	1	Gigantografía	100.00
				Impresión de formatos	35.00
				Fólderes	10.00
3	17/10/2025	Declaración Jurada	2	Refrigerios	40.00
				Almuerzo	448.00
4	9/08/2025	Boleta de venta electrónica	03 B002-0000033454	MDF ARAUCO 2.135 * 2.4403 MM	37.00
		Contrato	000233	Impresión en vinil y Roll Screen	155.00
5		Declaración Jurada	3	Complementos faltantes (Cables, Conectores, enchufe, etc)	124.30
6	11/08/2025	Declaración Jurada	4	Material Educativo e impresiones (Manuales, tripticos, hojas guía)	70.00
7	30/07/2025	Pago a comercios	90853489	Válvula inteligente Sonoff Zigbee y Controlador Zigbee	799.50


Nombre y apellidos
HELMER FERRER CALSINO CONDORI
Asesor 1




Nombre y apellidos
LUZ ELIZABETH HUANCHI MARIANI
Asesor 2




Nombre y apellidos
GABRIEL BRANDEN CHIPANA HENECO
Presidente




Nombre y apellidos
ALEXANDRA YANA QUISPE
Tesorero



Juliaca, 14 de octubre del 2025

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se implementó con éxito un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente basado en Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School – San Miguel. Las pruebas realizadas comprobaron un funcionamiento eficiente en condiciones reales: el sistema respondió con precisión a las variaciones de humedad y accionamiento del riego conforme a los umbrales establecidos. La aplicación eWeLink permitió una operación estable, demostrando la viabilidad técnica de la solución. El equipo Eco-Tech, de manera autofinanciada, proporcionó los materiales, la instrumentación y el acompañamiento técnico durante todas las fases del proyecto, logrando los objetivos de implementación y generando un impacto positivo en los ámbitos pedagógico y ambiental.

SEGUNDO: Se desarrolló un modelo modular y replicable fundamentado en IoT y comunicación Zigbee, que integró sensores de humedad, válvulas inteligentes y nodos de control. El diseño demostró transmisión de datos continua y baja complejidad operativa, apto para su aplicación en contextos escolares. Durante las pruebas de conectividad y respuesta, el prototipo mostró estabilidad en la red y cumplimiento de requisitos funcionales, lo que ratifica la pertinencia técnica del diseño para replicarse en otros espacios formativos.

TERCERO: La implementación mejoró la eficiencia en el uso del recurso hídrico en las áreas verdes del plantel: las lecturas de humedad y el monitoreo inicial indicaron una irrigación más uniforme y menor desperdicio de agua. El sistema actuó automáticamente ante variaciones del suelo y presentó un alto nivel de desempeño operativo y de comunicación Zigbee durante las pruebas. Cabe destacar que, además de la instalación liderada por el equipo, los estudiantes participaron activamente en el armado, la prueba y el ajuste del sistema, lo que facilitó la detección de fallas menores y la optimización del montaje.

CUARTO: Se fortalecieron las competencias técnicas y ambientales de 108 estudiantes de secundaria mediante talleres teórico-prácticos y actividades de programación, ensamblaje y mantenimiento del sistema. Las evaluaciones mostraron un incremento superior al 50 % en el aprendizaje técnico, con avances en Zigbee y sostenibilidad hídrica, y el 91 % de los participantes manifestó satisfacción con la formación recibida. La experiencia consolidó la transferencia de conocimiento desde la universidad a la comunidad educativa, destacando la importancia de la práctica y la participación activa para la autonomía operativa.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda que en futuros proyectos se consideren otras tecnologías de comunicación más conocidas, como Wi-Fi o Bluetooth, para facilitar la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes. Aunque el uso del protocolo Zigbee representó un avance tecnológico importante, evidenció la necesidad de fortalecer la formación en conectividad e IoT. La integración gradual de distintas tecnologías permitirá ampliar las competencias digitales y fomentar el interés por la innovación.

SEGUNDO: Se recomienda ampliar y perfeccionar el diseño del sistema de riego automatizado, incorporando nuevas variables de monitoreo como temperatura, humedad ambiental o radiación solar, que permitan una gestión más integral del entorno. Además, sería valioso explorar otros métodos de riego por aspersión, micro aspersión o nebulización adaptables a diferentes tipos de plantas y condiciones de suelo. De esta manera, se fortalecería la aplicabilidad del proyecto en diversos contextos agrícolas y educativos.

TERCERO: Se sugiere optimizar la implementación técnica del sistema mediante un plan de mantenimiento periódico que contemple la calibración de sensores, la limpieza del sistema de goteo y el registro de datos de humedad y consumo de agua. Esta gestión permitirá asegurar la precisión del riego y mantener la eficiencia en el uso del recurso hídrico. Además, se recomienda continuar involucrando a los estudiantes en estas tareas, fomentando el aprendizaje práctico y el sentido de responsabilidad ambiental.

CUARTO: Se recomienda ampliar las estrategias de capacitación estudiantil, integrando contenidos sobre programación, electrónica y automatización en los cursos regulares. Igualmente, sería beneficioso extender estas capacitaciones a docentes de otras áreas, fortaleciendo la transversalidad tecnológica dentro del currículo institucional. Finalmente, se sugiere difundir los resultados del proyecto en ferias científicas o eventos académicos, para incentivar a otras instituciones a implementar proyectos similares que vinculen la tecnología con la conciencia ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero C., C. C. (2019). "Implementación De Un Sistema De Internet De Las Cosas Para Optimizar La Gestión Del Agua En La Agricultura De La Región Tacna, 2018."
- Agricultura de Precisión y su Implementación en la Agricultura Peruana Introducción. (2019).
https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/2019/09/CV_Precision.pdf
- AGROPERÚ. (2024, marzo 30). Automatización robótica: Transformar la agricultura con innovación. <https://www.agroperu.pe/automatizacionrobotica-transformar-la-agricultura-con-innovacion/>.
- Al-Ali, A. R., Zuolkernan, I. A., Rashid, M., Gupta, R., & Alikarar, M. (2017). A smart home energy management system using IoT and big data analytics approach. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 63(4), 426-434.
<https://doi.org/10.1109/TCE.2017.015014>
- Aliyu, M., Hassan, G., Said, S. A., Siddiqui, M. U., Alawami, A. T., & Elamin, I. M. (2018). A review of solar-powered water pumping systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 87, 61-76. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2018.02.010>
- Ascencios, D., Meza, K., Lluen, J., & Simon, G. (2020). Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino. *Journal of High Andean Research*, 22(1).
<https://doi.org/10.18271/ria.2020.540>
- Ávila, F. J., & Moreno, L. M. (2023). Internet de las Cosas (IoT) Retos para las Empresas en la era de la Industria 4.0. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(20), 10-16. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.9516>
- Bahl, P., & Padmanabhan, V. N. (2000). RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. *Proceedings - IEEE INFOCOM*, 2, 775-784.
<https://doi.org/10.1109/infcom.2000.832252>
- Blair, E. (1979). Riego por goteo: teoría y práctica. En III Seminario Latinoamericano sobre riego por goteo (Ed.), <https://acortar.link/DX86ng>
- Bobadilla, M., & Barrios, L. (2022). Necesidad de agua en las plantas.
- Cañazaca L., bertha angélica. (2024). Diseño e Implementación de un Sistema de Control de Riego Tecnificado por Goteo Automatizado Para La Finca Patascachi En El Distrito de Tilali – MOHO.
- Castro Silva, J. A. (2016). Sistema de riego autónomo basado en la Internet de las Cosas. Universidad Internacional De La Rioja.

- Cedillo Portugal, E., & Calzada Sandoval, M. L. (2002). Los Sistemas de Riego y las semillas mejoradas en la Agricultura Moderna (UNAM, Ed.; Vol. 2). Académicos de la Licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario.
- Chang Wong, L. I. (2020). Diseño de Un Sistema Automatizado de Riego por Goteo para Aumentar la Producción de Maíz en la Hacienda Durand.
- Cruz C., J. C. (2009). Diseño de un Sistema de Riego por Goteo Controlado y Automatizado para Uva Italia.
- eWeLink. (2024). "Plataforma de control y automatización de dispositivos inteligentes para hogares". <https://ewelink.cc/blog/>.
- FAO. (2022a). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>
- FAO. (2022b). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la Agricultura. (2023). The state of food and agriculture. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5aac5078-625d4b94-b964-bea40493016c/content>.
- Farahani, S. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers. <https://acortar.link/rjXM7k>
- GAO. (2024). Comprehensive Guide for Zigbee Enabled Smart Agriculture (Precision Agriculture) - GAO Tek. <https://gaotek.com/comprehensiveguide-for-zigbee-enabled-smart-agriculture-precision-agriculture/>.
- Gutiérrez, D., Muñoz, P., & Suarez, A. (2012). Automatización de un Sistema de Riego Agrícola por Técnica de Goteo y Aspersión.
- Gutierrez, J., Villa-Medina, J. F., Nieto-Garibay, A., & Porta-Gandara, M. A. (2014). Automated Irrigation System Using a Wireless Sensor Network and GPRS Module. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 63(1), 166-176. <https://doi.org/10.1109/TIM.2013.2276487>
- Huaylla, L. (2019). Sistemas de riego tecnificado. https://icob.org/wpcontent/uploads/2019/09/Cartilla_Riego_Tecnificado_GAP_web.pdf. INTA,
- I. N. de T. A. (2018, marzo 12). Manual de Vivero. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivero_2do_ano.pdf.
- Jaramillo C., D., Panchana G., V., Cumbicos C., V., & Escudero M., N. (2023, diciembre 22). Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución

- Cedillo Portugal, E., & Calzada Sandoval, M. L. (2002). Los Sistemas de Riego y las semillas mejoradas en la Agricultura Moderna (UNAM, Ed.; Vol. 2). Académicos de la Licenciatura en Planificación para el Desarrollo Agropecuario.
- Chang Wong, L. I. (2020). Diseño de Un Sistema Automatizado de Riego por Goteo para Aumentar la Producción de Maíz en la Hacienda Durand.
- Cruz C., J. C. (2009). Diseño de un Sistema de Riego por Goteo Controlado y Automatizado para Uva Italia.
- eWeLink. (2024). "Plataforma de control y automatización de dispositivos inteligentes para hogares". <https://ewelink.cc/blog/>.
- FAO. (2022a). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>
- FAO. (2022b). El estado mundial de la agricultura y la alimentación 2022. FAO. <https://doi.org/10.4060/cb9479es>
- FAO, O. de las N. U. para la A. y la Agricultura. (2023). The state of food and agriculture. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5aac5078-625d4b94-b964-bea40493016c/content>.
- Farahani, S. (2008). ZigBee Wireless Networks and Transceivers. <https://acortar.link/rjXM7k>
- GAO. (2024). Comprehensive Guide for Zigbee Enabled Smart Agriculture (Precision Agriculture) - GAO Tek. <https://gaotek.com/comprehensiveguide-for-zigbee-enabled-smart-agriculture-precision-agriculture/>.
- Gutiérrez, D., Muñoz, P., & Suarez, A. (2012). Automatización de un Sistema de Riego Agrícola por Técnica de Goteo y Aspersión.
- Gutierrez, J., Villa-Medina, J. F., Nieto-Garibay, A., & Porta-Gandara, M. A. (2014). Automated Irrigation System Using a Wireless Sensor Network and GPRS Module. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 63(1), 166-176. <https://doi.org/10.1109/TIM.2013.2276487>
- Huaylla, L. (2019). Sistemas de riego tecnificado. https://ico-bo.org/wpcontent/uploads/2019/09/Cartilla_Riego_Tecnificado_GAP_web.pdf. INTA,
- I. N. de T. A. (2018, marzo 12). Manual de Vivero. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivero_2do_ano.pdf.
- Jaramillo C., D., Panchana G., V., Cumbicos C., V., & Escudero M., N. (2023, diciembre 22). Sistema de riego inteligente para el mantenimiento de áreas verdes en una institución

educativa. <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/740/63>
8

- Jiménez M., A. C. (2017). Diseño de sistema de irrigación automático, utilizando SCADA y red de sensores inalámbrica. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Lamo, J. (2017, diciembre 4). Métodos de riego. <https://fundacionsuna.org/wpcontent/uploads/PDF/Jaime-Lamo/MANUAL-M%C3%89TODOS-DESISTEMAS-DE-RIEGO.pdf>.
- Marjorie Nataly, P. V. (2017). "Implementación de un Prototipo de Wsn con Nodos Inteligentes para el Sistema de Riego Aplicado a la Agricultura de Precisión para el Cerespoch".
- Marote, M. L. (2010). Agricultura de Precisión. <https://acortar.link/qdgcUT>
- Mercado G., J. C. (2020). Sistema de Riego Autónomo de Bajo Costo para Expansión de Área Agrícola En Laderas De Los Valles Del Sur Del Perú Basado En Ior.
- Nieto Pacheco, A. J., Villegas Pilay, Y. E., & Galarza Alay, J. I. (2023). Avances actuales de las lot y sus diversas aplicaciones. *ConcienciaDigital*, 6(1), 58– 74. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v6i1.2440>
- Pan, M. S., & Tseng, Y. C. (2007). ZigBee and their applications. En *Sensor Networks and Configuration: Fundamentals, Standards, Platforms, and Applications* (pp. 349-368). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/3-540-37366-7_16
- Patel, N. R., Lanjewar, R. B., Mathurkar, S. S., & Bhandekar, A. A. (2013). Microcontroller based drip irrigation system using smart sensor. 2013 Annual IEEE India Conference <https://doi.org/10.1109/INDCON.2013.6726064> (INDICON), 1-5.
- Ruiz-Garcia, L., Lunadei, L., Barreiro, P., & Robla, I. (2009). A Review of Wireless Sensor Technologies and Applications in Agriculture and Food Industry: State of the Art and Current Trends. *Sensors*, 9(6), 4728-4750. <https://doi.org/10.3390/s90604728>
- Sakthipriya, N. (2014). Un método eficaz para el monitoreo de cultivos mediante una red de sensores inalámbricos.
- Salazar, J., & Silvestre, S. (2016, octubre 14). Internet de las cosas. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf.
- Valverde, A., Vargas, G., García, M., & Díaz, J. (2022). Impacto de la implementación del sistema de riego con energía solar en cultivos de limón *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 14(2), 90-107. <https://doi.org/10.22335/rlct.v14i2.1571>

ANEXOS

Anexo 1

Constancia de conformidad de asesores

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

En la ciudad de Juliaca, a los 15 días del mes de Octubre del año 2025, el suscrito, Mg. Helarf Ferrer Calsina Condori , identificado(a) con DNI N.º 45022698 , docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Juliaca, en calidad de asesor del proyecto de proyección social.

HACE CONSTAR QUE:

He revisado y evaluado el informe final presentado por el equipo de proyección social "Eco-Tech", correspondiente al proyecto titulado: **"CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO E INTELIGENTE USANDO PROTOCOLO ZIGBEE EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL - SAN MIGUEL, 2025."**

Luego de la revisión de los documentos y la verificación de las actividades realizadas, se constata que el equipo cumplió satisfactoriamente con los objetivos planteados, desarrollando todas las acciones previstas en el plan de trabajo y demostrando un alto nivel de compromiso, responsabilidad y desempeño técnico.

Por lo tanto, **otorgo mi conformidad al informe final**, avalando los resultados obtenidos y destacando el impacto positivo del proyecto en los beneficiarios y en la comunidad educativa.

Atentamente;



Helarf Ferrer Calsina Condori



DNI N° 45022698

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

En la ciudad de Juliaca, a los 14 días del mes de Octubre del año 2025, el suscrito, Dra. Luz Elizabeth Huanchi Mamani, identificado(a) con DNI N.º 43349084, docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Juliaca, en calidad de asesor del proyecto de proyección social.

HACE CONSTAR QUE:

He revisado y evaluado el informe final presentado por el equipo de proyección social "Eco-Tech", correspondiente al proyecto titulado: **"CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO E INTELIGENTE USANDO PROTOCOLO ZIGBEE EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL - SAN MIGUEL, 2025."**

Luego de la revisión de los documentos y la verificación de las actividades realizadas, se constata que el equipo cumplió satisfactoriamente con los objetivos planteados, desarrollando todas las acciones previstas en el plan de trabajo y demostrando un alto nivel de compromiso, responsabilidad y desempeño técnico.

Por lo tanto, **otorgo mi conformidad al informe final**, avalando los resultados obtenidos y destacando el impacto positivo del proyecto en los beneficiarios y en la comunidad educativa.

Atentamente;




Luz Elizabeth Huanchi Mamani

DNI N° 43349084

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

En la ciudad de Juliaca, a los 14 días del mes de Octubre del año 2025, el suscrito, Mg. Serapio Cecilio Calcina Cuevas, identificado(a) con DNI N.º 42071582 , docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Juliaca, en calidad de asesor del proyecto de proyección social.

HACE CONSTAR QUE:

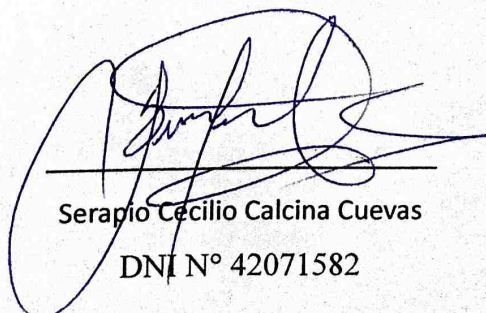
He revisado y evaluado el informe final presentado por el equipo de proyección social "Eco-Tech", correspondiente al proyecto titulado: "CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO E INTELIGENTE USANDO PROTOCOLO ZIGBEE EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL - SAN MIGUEL, 2025."

Luego de la revisión de los documentos y la verificación de las actividades realizadas, se constata que el equipo cumplió satisfactoriamente con los objetivos planteados, desarrollando todas las acciones previstas en el plan de trabajo y demostrando un alto nivel de compromiso, responsabilidad y desempeño técnico.

Por lo tanto, **otorgo mi conformidad al informe final**, avalando los resultados obtenidos y destacando el impacto positivo del proyecto en los beneficiarios y en la comunidad educativa.

Atentamente;




Serapio Cecilio Calcina Cuevas
DNI N° 42071582

Anexo 2

Constancia de conformidad de la Institución



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE CONFORMIDAD

EL DIRECTOR DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA "PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL" DEL DISTRITO DE SAN MIGUEL, PROVINCIA DE SAN ROMÁN Y DEPARTAMENTO DE PUNO.

HACE CONSTAR:

Que, los estudiantes de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA** de las Escuelas profesionales de **INGENIERÍA MECATRÓNICA E INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL** han desarrollado el proyecto: "CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO E INTELIGENTE USANDO PROTOCOLO ZIGBEE EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL - SAN MIGUEL, 2025", presentado por el Grupo Polivalente "ECOTECH"

Estudiantes:

- Gabriel Brandon Chipana Hanco
- Maryori Dayahana Cornejo Ccarita
- Joswell Dick Barrantes Colquehuanca
- Alexandra Yana Quispe
- Max Wilian Lizardo Aroquipa Condori
- Eduard Franklin Garnica Ticona
- Brajham Oscar Quispe Pilco

Asesores:

M.Sc. Helarf Ferrer Calsina Condori

Mg. Luz Elizabeth Huanchi Mamani

Mg. Serapio Cecilio Calsina Cueva

Consta mi total **CONFORMIDAD** con el desarrollo del proyecto "CAPACITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO AUTOMATIZADO E INTELIGENTE USANDO PROTOCOLO ZIGBEE EN LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL - SAN MIGUEL, 2025", realizado por los estudiantes de la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA** en nuestra **INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA "PENTÁGONO INTERNACIONAL SCHOOL"**.

Se extiende la presente **CONSTANCIA DE CONFORMIDAD** a petición de los interesados y para los fines que a la misma convenga. Sin otro particular, le agradezco por la atención prestada.

San Miguel, 14 de Octubre de 2025.

Atentamente,



Lic. Faustino Cayra Uscamayta
DIRECTOR GENERAL

Anexo 3

Comprobantes de pagos

Comprobante de pago N°1



Constancia de operación

Tipo de operación	Pago a comercios
Fecha	28/07/2025
Hora	11:17
Nro. de operación	90853489

oh!pay

Comprobante de pago N°2

← Detalle de Movimiento X

MP *ALIEXPRESS

S/1205.20

Lunes, 28 de julio de 2025 - 10:04 a.m.

Desde CLASICA Soles
**** 9005

Número de operación 0410662

Comprobante de pago N°3

FECHA		DIA	MES	AÑO
Señor (a):				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	P.U.	IMPORTE
1	24	8x12		2.00
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
TOTAL S/				2.00

CANCELADO

NOTA DE PAGO

FECHA		DIA	MES	AÑO
Señor(es):				
N°	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
1	6	metros cable #16	1.5	9.00
2	20	Bananas Pecho	0.60	12.00
3	20	Bananas Florito	0.5	10.00
4	2	en dulce	1.0	2.00
5	1	teléfono 20A		20.00
6		TRABAJOS EN VINIL		
7				
8				
9				53.00
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
TOTAL S/				

Comprobante de pago N°4



LETREROS

- GIGANTOGRAFÍAS
- LETREROS LUMINOSOS
- TODOS FIJOS Y RECORTABLES
- GRÁFICA VEHICULAR
- TRABAJOS EN VINIL
- SEÑALES DE MINA
- TRABAJOS EN ACRILICO
- BAMBALINAS
- PINTADOS
- LETREROS 3D

Publicidad Grafica Jr. Carabaya N 489 - 543 ☎ 951 172281
De Victor Adolfo Ccaña Huancop JULIACA - PUNO - PERÚ

CONTRATO PROFORMA

N° 000233

FECHA: 09 08 25

CANJEAR POR BOLETA O FACTURA

FECHA Y HORA DE ENTREGA

Cant.	DESCRIPCIÓN	P. Unitario	TOTAL
	Impresión en Vinil		35.00
	Roll Screen		120.00
TOTAL			155.00

CANCELADO

A CUENTA SALDO

Comprobante de pago N°4



EFESUR & CIA SAC

DISTRIBUIDORA EXCLUSIVO DE TRIPLAY EN
TODAS LAS MEDIDAS
VENTAS AL POR MAYOR Y MENOR

ENCHAPE MDP DRYWALL ASFALTO
 MELAMINA DSB CIELO RAZO SIKA
 FENOLICO TRUPAN POLICARBONATO PEGAMENTOS
 CHOLIHUAN CALAMINAS PISO LAMINADO THINNER
 MDF CLAVOS Y MALLAS ADITIVOS TEKNOPOR

FERRETERIA EN GENERAL
 Central: Jr. Tumbay N° 1189 Telf: 051-204267 Cel: 951-871398
 Sucursal: Jr. Sucre N° 415 Telf: 051-327355 Cel: 951-871397 / 951-871396

R.U.C.: 20448522173

BOLETA DE VENTA
ELECTRONICA

03 B002-0000033454

DOC. IDENTIDAD RUC 0
 SEÑORES SIN DNI
 DIRECCIÓN

FECHA DE EMISIÓN Sábado 9 Agosto 2025
 FORMA DE PAGO CONTADO
 MONEDA Sol
 TIPO DE CAMBIO

GUIA DE REMISIÓN SUPERVISOR 1 09/08/2025 10:28:01

CANTIDAD	Unidad Medida	CODIGO	DESCRIPCIÓN	DESCUENTO UNITARIO	VALOR VENTA NETO UNITARIO	VALOR VENTA NETO TOTAL
1.00	Pie	041001	MDF ARAUCO 2.135 X 2.44 03 MM		37.00	37.00

SON: TREINTISIETE Y 00/100 Sol



VALOR DE VENTA	PEN	31.36
DESCUENTO	PEN	0.00
OP. GRATUITAS	PEN	0.00
OP. EXONERADAS	PEN	0.00
OP. INAFECTA	PEN	0.00
OP. EXPORTACIÓN	PEN	0.00
OP. GRAVADA	PEN	31.36
I.G.V. 18%	PEN	5.64
MONTO TOTAL	PEN	37.00

Representación impresa de la Factura Electrónica. Autorizado para su emisión electrónica; mediante la Resolución de Intendencia Nro. 203-2015/SUNAT

Declaración jurada

DECLARACIÓN JURADA DE GASTO SIN COMPROBANTE

Yo, Gabriel Brandon Chipana Hanco, identificado con código de matrícula N.º 2022108005, estudiante de la Universidad Nacional de Juliaca, de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica, en mi calidad de Presidente del Grupo de Proyección Social "Eco-Tech", del proyecto titulado "Capacitación e implementación de un sistema de riego por goteo automatizado e inteligente usando protocolo Zigbee en la Institución Educativa Privada Pentágono Internacional School - San Miguel, 2025", declaro bajo juramento haber efectuado los gastos correspondientes según el siguiente detalle:

Fecha	Actividad	Detalle de gasto	Monto (S/.)
9/08/2025	Preparación para las sesiones	Gigantografía	100
		Impresión de formatos	35
		Fólderes	10
17/10/2025	Jornada de trabajo grupal	Refrigerios	40
		Almuerzo	448
9/08/2025	Armado de modulo educativo	Complementos faltantes (Cables, Conectores, enchufe, etc)	124.3
11/08/2025	Preparación para las sesiones	Material Educativo e impresiones (Manuales, tripticos, hojas guía)	70
TOTAL			827.3

Al no haber obtenido comprobante de pago que sustente este egreso, se expide la presente Declaración Jurada por el importe total de S/. 827.3 (OCHOCIENTOS VEINTE SIETE CON 30/100 SOLES), en cumplimiento a las directivas a lo expuesto.

Firmo y dejo mi huella en conformidad a lo expuesto.


Gabriel Brandon Chipana Hanco
Codigo N°2022108005



Juliaca, 8 de octubre del 2025

Anexo 4

Conformidad de grupo de interés: Instrumentos de evaluación



ECO-TECH
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTAGONO INTERNACIONAL
SCHOOL

Cuestionario De Conocimientos Sobre Riego, Tecnología Y Cuidado Del Agua

Escala de valoración:

☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Mucho

1. ¿Cuánto sabes sobre qué es el riego por goteo y cómo ayuda a no desperdiciar agua?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
2. ¿Cuánto conoces sobre cómo funciona un sistema de riego por goteo?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
3. ¿Cuánto sabes sobre la tecnología Zigbee para automatizar tareas?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
4. ¿Cuánto conoces sobre ejemplos de cómo Zigbee ayuda en el cuidado de plantas?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
5. ¿Cuánto entiendes sobre cómo controlar un sistema de riego desde el celular?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
6. ¿Cuánto sabes sobre el uso de sensores para medir la humedad de la tierra?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
7. ¿Cuánto conoces sobre las partes básicas de un sistema de automatización de riego?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
8. ¿Cuánto sabes sobre formas de usar el agua de manera responsable en tu vida diaria?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
9. ¿Cuánto entiendes sobre las consecuencias de no cuidar el agua?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
10. ¿Cuánto sabes sobre lo que se necesita para instalar un sistema de riego automatizado?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
11. ¿Cuánto conoces sobre cómo enseñar a otras personas a cuidar el agua?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante
12. ¿Cuánto entiendes sobre cómo la tecnología puede ayudar al medio ambiente?
☐ Nada ☐ Poco ☐ Regular ☐ Bastante

Questionario: ¿Qué tanto sabes de Zigbee?

1. **¿Qué es Zigbee?**
 - a) Un tipo de insecto
 - b) Un lenguaje para que los aparatos se comuniquen
 - c) Una red social nueva
2. **¿Zigbee necesita internet para funcionar?**
 - a) Sí
 - b) No
3. **¿Qué gasta menos batería?**
 - a) Zigbee
 - b) WiFi
4. **¿Qué forma tiene la red de Zigbee?**
 - a) Una línea recta
 - b) Una estrella
 - c) Una malla
5. **¿Cuántos aparatos puede conectar Zigbee?**
 - a) Máximo 10
 - b) Solo 2
 - c) Cientos
6. **Ejemplo de Zigbee en una casa inteligente**
 - a) Televisión por cable
 - b) Foco que se enciende con un sensor
 - c) Ventilador manual
7. **¿Cuál es una ventaja principal de Zigbee?**
 - a) Consume poca energía
 - b) Hace que los aparatos se vuelvan más grandes
 - c) Da internet gratis
8. **¿Qué hace Zigbee cuando no hay WiFi o internet?**
 - a) Deja de funcionar
 - b) Sigue comunicando a los aparatos
 - c) Se convierte en Bluetooth
9. **¿Qué sucede si un dispositivo Zigbee falla o no recibe el mensaje?**
 - a) La red se apaga por completo
 - b) Otro dispositivo pasa el mensaje en su lugar
 - c) Se necesita internet para arreglarlo
10. **En el colegio, ¿en qué proyecto vimos que se usa Zigbee?**
 - a) Cafetería
 - b) Riego automático del jardín
 - c) Sala de música



ECO-TECH
INSTITUCION EDUCATIVA PRIVADA PENTAGONO
INTERNACIONAL SCHOOL



Analizando lo aprendido: Programación remota y sistema de riego automático

1. ¿Qué es la aplicación eWeLink?
 - a) Una app para juegos en el celular.
 - b) Una app para controlar dispositivos inteligentes de manera remota.
 - c) Una app para aumentar la batería del celular.
2. ¿Qué se necesita para usar la app eWeLink con un dispositivo Zigbee?
 - a) Una cuenta en la aplicación y conexión a internet.
 - b) Un televisor inteligente.
 - c) Un cargador portátil.
3. ¿Qué significa "programar horarios" en la aplicación?
 - a) Escoger la música que suena en el celular.
 - b) Definir a qué hora encender o apagar el sistema de riego.
 - c) Cambiar el idioma del dispositivo.
4. ¿Qué función tiene la opción de "temporizador" en la app?
 - a) Medir cuántas horas usas tu celular.
 - b) Activar el sistema durante un tiempo definido.
 - c) Guardar fotos en la nube.
5. ¿Cuál es una ventaja de usar la app eWeLink con Zigbee?
 - a) Controlar el riego incluso si no estás en casa.
 - b) Regar solo cuando llueve.
 - c) No necesitar electricidad ni internet.
6. ¿Qué es un sistema de riego automático?
 - a) Un sistema que riega sin intervención manual, según programación.
 - b) Un sistema que depende de que el usuario abra la manguera.
 - c) Un sistema que solo funciona con agua de lluvia.
7. ¿Qué papel cumple el panel solar en el sistema de riego?
 - a) Decorar el equipo.
 - b) Proporcionar energía renovable para hacerlo funcionar.
 - c) Guardar agua para el riego.
8. ¿Cuál es la función principal del panel de control en el sistema de riego?
 - a) Encender y apagar el sistema según horas o minutos programados.
 - b) Cambiar la velocidad del viento.
 - c) Almacenar agua para las plantas.
9. ¿Qué ventaja ofrece el riego automático con energía solar?
 - a) Ahorra agua y tiempo.
 - b) No necesita instalación.
 - c) Funciona sin agua.
10. ¿Qué significa "simulación de escenarios de riego"?
 - a) Probar diferentes horarios y duraciones para ver cuál es más eficiente.
 - b) Dibujar un riego en la computadora.
 - c) Poner fertilizantes de manera automática.



ECO-TECH
INSTITUCIÓN EDUCATIVA PRIVADA PENTÁGONO INTERNACIONAL
SCHOOL



Cuestionario De Conocimientos : Taller de ensamblaje y configuración

Lee cada pregunta y marca la opción correcta

1. ¿Qué componente permite la comunicación inalámbrica entre los sensores y la aplicación?
 - a) Panel solar
 - b) Válvula inteligente
 - c) Puente Zigbee
 - d) Sensor de humedad
2. ¿Cuál es la función principal del puente Zigbee (Bridge)?
 - a) Generar energía solar
 - b) Filtrar el agua de riego
 - c) Conectar los dispositivos con la aplicación móvil
 - d) Regular la presión del agua
3. ¿Qué mide el sensor Zigbee de humedad en el suelo?
 - a) La temperatura del aire
 - b) El nivel de agua en el tanque
 - c) La humedad del suelo
 - d) La presión en la válvula
4. ¿Qué fuente de energía alternativa puede usarse en este sistema?
 - a) Gas natural
 - b) Panel solar
 - c) Carbón
 - d) Motor a gasolina
5. ¿Qué aplicación móvil se usa comúnmente para configurar los dispositivos Sonoff Zigbee?
 - a) WhatsApp
 - b) eWeLink
 - c) Telegram
 - d) Google Maps

Marca con una "V" si la afirmación es verdadera o con una "F" si es falsa

6. El riego por goteo automatizado ayuda a ahorrar agua en comparación con el riego manual. ()
7. El puente Zigbee se encarga de abrir y cerrar la válvula de agua directamente. ()
8. El sistema puede configurarse para que el riego solo se active cuando el suelo esté seco. ()
9. El panel solar se utiliza únicamente para medir la intensidad de la luz en el cultivo. ()
10. Los sensores Zigbee transmiten información de manera inalámbrica. ()



ECO-TECH
INSTITUCION EDUCATIVA PRIVADA PENTAGONO INTERNACIONAL
SCHOOL

Cuestionario De Conocimientos Sobre cuidado del Agua

Escala de valoración:

○ Nada ○ Poco ○ Regular ○ Mucho

1. ¿Por qué el agua es importante para nuestra vida?
☐
2. ¿Qué pasaría si no hubiera agua limpia?
3. Menciona una forma de contaminar el agua.
4. Menciona una forma de cuidar el agua.
5. ¿Por qué las plantas necesitan agua?
6. ¿Por qué los animales necesitan agua?
7. ¿Qué pasa si una planta recibe demasiada agua?
8. ¿Qué pasa si una planta no recibe agua?
9. ¿Qué podemos hacer en casa para no desperdiciar agua?
10. ¿Por qué cuidar el agua también ayuda al medio ambiente?

Anexo 5

Fotografías

Actividad 1: Introducción al sistema de riego automatizado

Descripción de conceptos complementarios al sistema de riego automatizado



Explicación sobre la alimentación del sistema con energía solar



Muestra de dispositivos Zigbee



Actividad 2: Fundamentos del protocolo Zigbee

Explicación de los fundamentos del Zigbee a los estudiantes



Prueba de conocimientos aprendidos en la sesión 2



Sesión 2 del proyecto culminado



Actividad 3: Aplicaciones móviles para el control del riego

Explicación sobre los componentes y funciones del sistema de riego



Guía de instalación y navegación de la aplicación eWeLink

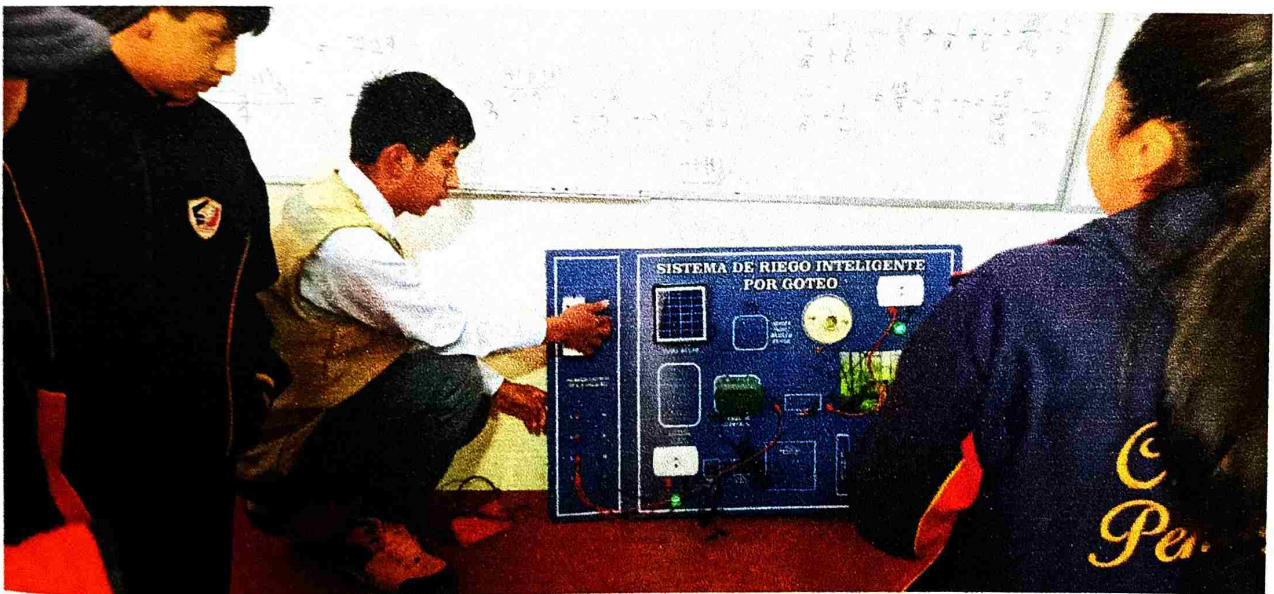


Actividad 4: Taller de ensamblaje y configuración

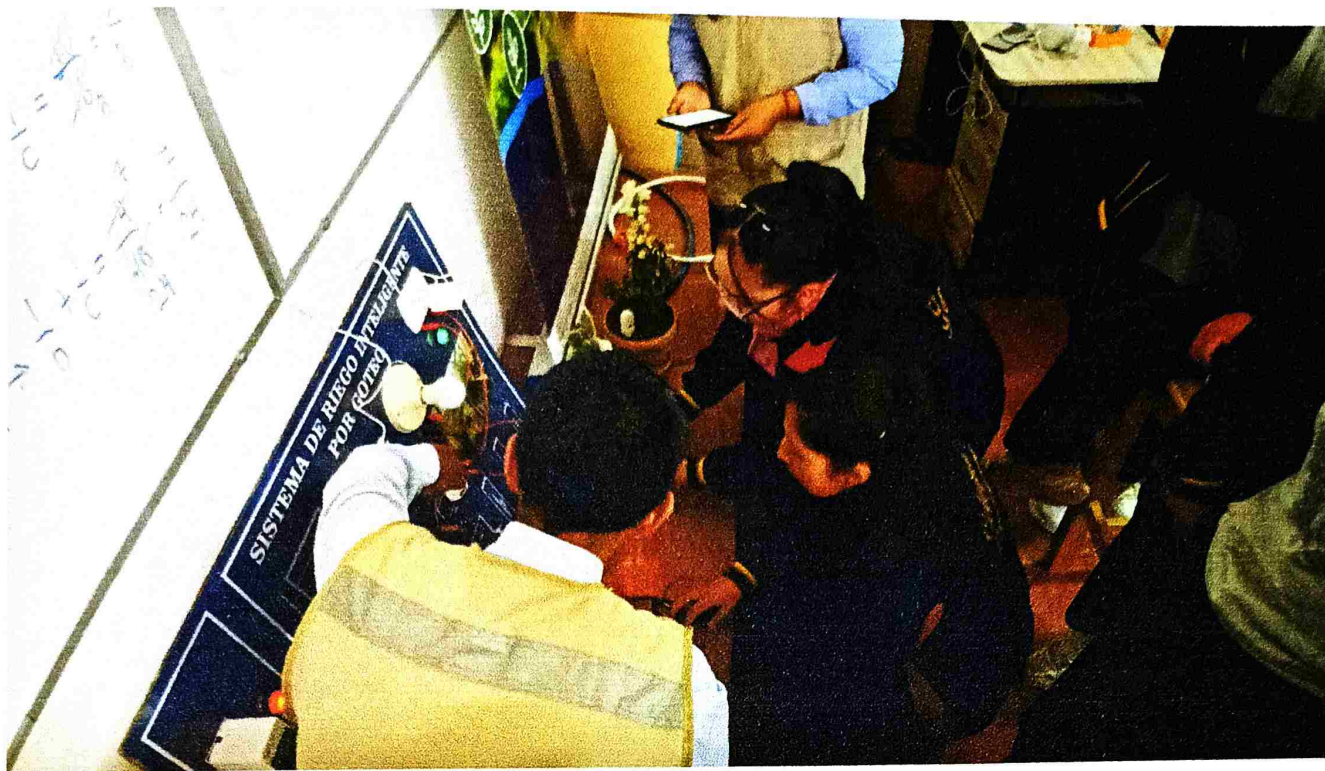
Capacitación sobre seguridad eléctrica y tipos de corriente



Capacitación sobre seguridad eléctrica y tipos de corriente



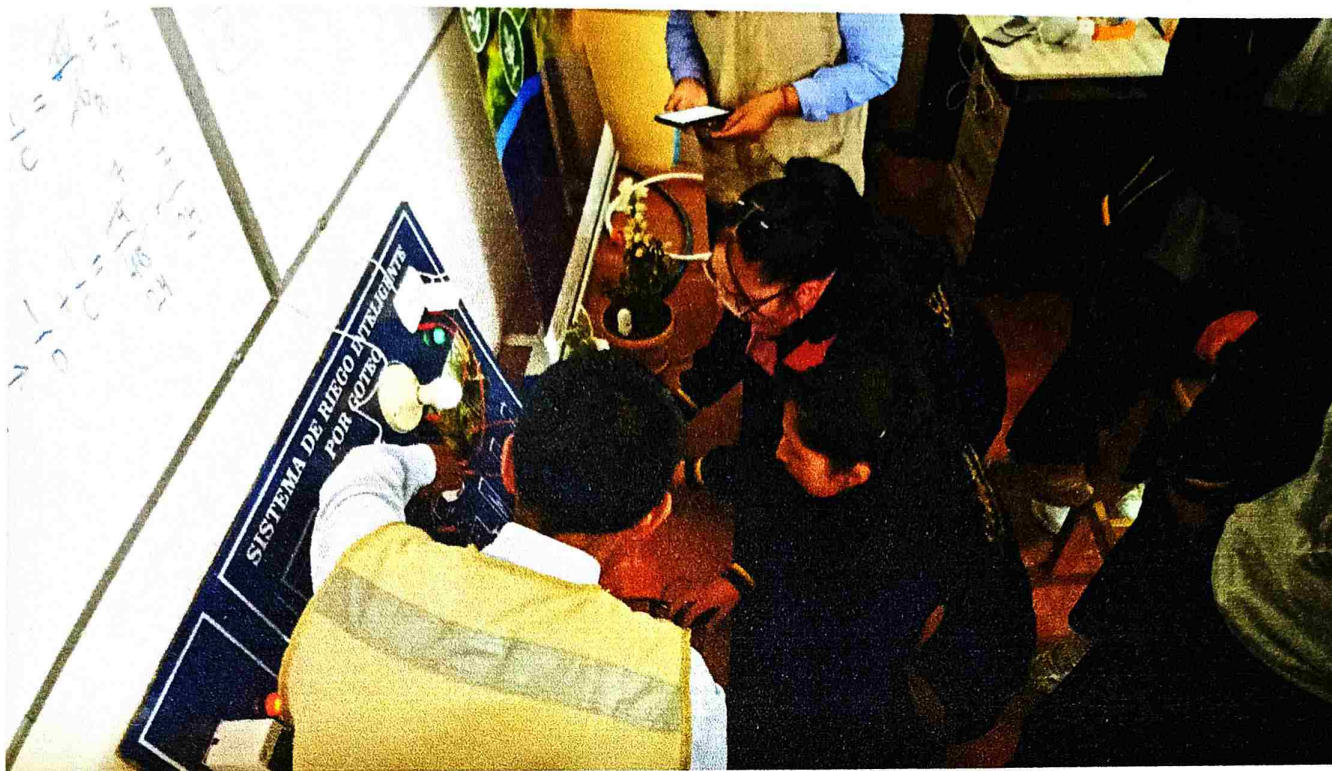
Montaje del tablero del sistema de riego inteligente por goteo



Participación activa de los estudiantes en el taller ECO-TECH



Montaje del tablero del sistema de riego inteligente por goteo



Participación activa de los estudiantes en el taller ECO-TECH





Actividad 5: Sensibilización sobre sostenibilidad y tecnología

Concientización ambiental

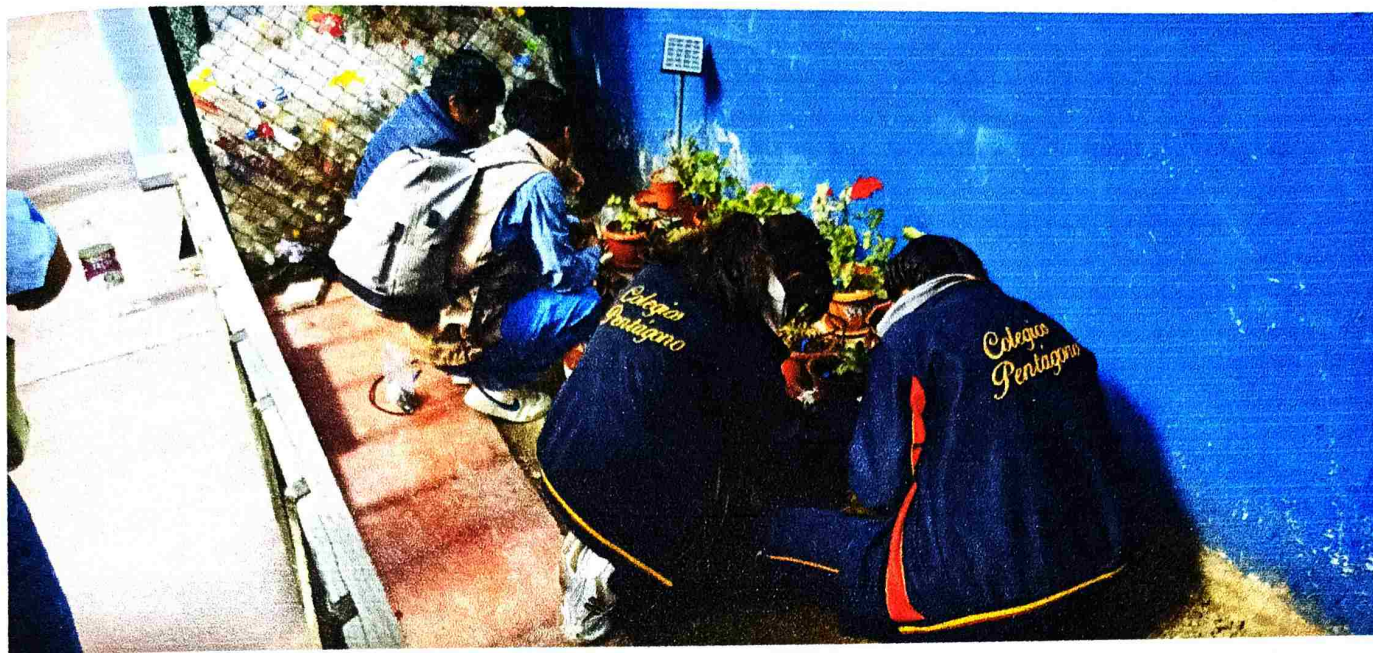




Actividad 6: Instalación, Pruebas y monitoreo Inicial

Preparación del área para la instalación del sistema de riego automatizado





Equipo Eco-Tech guiando a los estudiantes en la instalación final del sistema de riego inteligente



Equipo Eco-Tech guiando a los estudiantes en la instalación final del sistema de riego inteligente



Montaje final de los componentes del sistema de riego inteligente por goteo



Actividad 7: Clausura

Inicio de la fase de prueba y monitoreo del sistema de riego automatizado



Capacitación sobre mantenimiento y cuidado del sistema de riego



Ceremonia de clausura del proyecto Eco-Tech



Presencia de autoridades y asesores en la clausura del proyecto ECO-TECH



Presencia de autoridades y asesores en la clausura del proyecto ECO-TECH



Equipo y estudiantes celebrando la culminación exitosa del proyecto ECO-TECH

