Universidad Isaac Newton

Escuela de Ingeniería
Carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil

Trabajo Comunal Universitario
Nombre Implementación de un sistema de riego por goteo en el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica.

Institución: Fundación de la Abuela Ecológica

Funcionario responsable en la Institución:
Laura Alfaro González

Coordinador en la Universidad:
Licda. Nidia Bonilla MBA

Estudiante:
María Jesús Salas Acuña

Fecha de inicio: 26/01/2026
Fecha de conclusión: 19/03/2026

Tabla de contenido

Capítulo 1 4

Introducción 4

Justificación 6

Beneficiarios 7

Producto por obtener 8

Objetivo general 9

Objetivos específicos 9

Recursos requeridos 10

Metodología de la intervención 10

Cronograma de actividades 13

Capítulo 2 Diagnóstico Operativo 14

Situación Observada 14

Causas 15

Efectos 15

Alternativas de Solución 16

Capítulo 3 17

Diseño y Articulación del TCU Según Alternativas de Solución 17

Marco situacional 17

Marco teórico 17

Desarrollo del trabajo 21

Capítulo 4 22

Conclusiones 22

Objetivos específicos propuestos 22

Factores positivos y negativos que intervinieron en los logros 23

Relación del proyecto realizado con la formación profesional 23

Relevancia del proyecto para el estudiante participante 23

Resultados en relación con los objetivos específicos 25

Recomendaciones finales 25

Capítulo 5 Referencias 27

Apéndice A 28

Apéndice B 29

Apéndice C 30

Apéndice D 31

Apéndice E 36

Anexos 37

Capítulo 1

Introducción

El presente Trabajo Comunal Universitario se llevará a cabo en el vivero de la Fundación Abuela Ecológica, organización sin fines de lucro dedicada a la conservación ambiental, la reforestación y la educación comunitaria en temas relacionados con la ecología. El vivero se encuentra actualmente en un terreno facilitado por la Municipalidad de San Carlos, en Ciudad Quesada. Cabe destacar que, antes de contar con este espacio, las actividades de la Fundación se realizaban en la casa de habitación de doña Laura, su fundadora y encargada. Sin embargo, el incremento de los costos asociados al consumo de agua, aunado a la ausencia de un ingreso fijo, llevó a la Fundación a solicitar el apoyo de la Municipalidad, logrando así un espacio más adecuado y sostenible para el desarrollo de sus labores.

Durante la visita al vivero y tras un proceso de diálogo con la encargada de la Fundación, se identificó una necesidad prioritaria: la implementación de un sistema de riego por goteo en las camas de germinación. Actualmente, el riego se realiza de manera manual, lo cual implica un alto consumo de agua, inversión de tiempo significativo y limitaciones en la eficiencia del proceso. En este sentido, el proyecto plantea como finalidad el diseño e instalación de un sistema de riego que permita optimizar el uso del recurso hídrico, reducir costos operativos y garantizar un manejo más eficiente de la producción de plántulas.

La ejecución de este proyecto no solo contribuirá a mejorar la capacidad productiva del vivero, sino que también reforzará el impacto positivo de la Fundación en la comunidad, al incrementar la disponibilidad de plantas destinadas a programas de reforestación, donaciones al SINAC, municipalidades e instituciones educativas. Asimismo, permitirá liberar tiempo y esfuerzo de los voluntarios y encargados del vivero, quienes podrán destinar estos recursos a otras labores igualmente importantes, como la capacitación comunitaria, el mantenimiento de las áreas de cultivo y el desarrollo de nuevas iniciativas ambientales.

En suma, este Trabajo Comunal Universitario busca fortalecer la misión de la Fundación Abuela Ecológica mediante el aprovechamiento eficiente de los recursos

naturales, fomentando prácticas sostenibles que beneficien tanto al vivero como a la comunidad en general. Con este esfuerzo se pretende no solo mejorar las condiciones técnicas del vivero, sino también contribuir al desarrollo de una cultura ambiental responsable, orientada a la protección de los bosques y a la generación de conciencia sobre la importancia de la reforestación como pilar de la sostenibilidad regional.

Justificación

La implementación de un sistema de riego por goteo en el vivero de la Fundación Abuela Ecológica es un proyecto de gran relevancia tanto para la conservación del medio ambiente como para el fortalecimiento institucional de la Fundación. Actualmente, el riego manual en las camas de germinación presenta múltiples limitaciones: la cantidad de agua aplicada no es la misma siempre, el trabajo es realizado por varias personas sin un control estandarizado y el proceso requiere un tiempo significativo, lo cual genera un uso ineficiente del recurso hídrico. Esta situación provoca, además, una sobrecarga de trabajo operativo y aumenta el riesgo de pérdida de plántulas, lo que impacta directamente en la capacidad de la Fundación para cumplir con sus objetivos de reforestación. La pérdida de plántulas implica un retroceso en los proyectos de reforestación que se llevan a cabo en colaboración con el SINAC, municipalidades y otras instituciones, afectando tanto la cantidad como la calidad de las áreas reforestadas y limitando el alcance de las iniciativas ambientales comunitarias.

El desarrollo de este Trabajo Comunal Universitario (TCU) se justifica por la necesidad de optimizar los recursos disponibles en la Fundación, mejorar la eficiencia de los procesos productivos y garantizar la disponibilidad de plantas para los proyectos de reforestación. La instalación de un sistema de riego por goteo permitirá distribuir el agua de manera controlada y uniforme, reduciendo el desperdicio y asegurando que cada plántula reciba la cantidad necesaria para su crecimiento. De esta manera, se incrementa la productividad del vivero, se minimizan las pérdidas y se fortalece la capacidad de la Fundación para contribuir de manera más efectiva al bienestar ambiental de la comunidad.

Beneficiarios

Con la ejecución de este Trabajo Comunal Universitario, los beneficiarios directos serán principalmente la Fundación La Abuela Ecológica, una organización comprometida con la conservación del medio ambiente, la educación ambiental y la reforestación de zonas degradadas. La Fundación, al recibir apoyo técnico y operativo para la implementación del sistema de riego por goteo, podrá optimizar sus procesos productivos, mejorar la eficiencia en la producción de plántulas y garantizar la disponibilidad de estas para los distintos proyectos de reforestación que lidera en coordinación con la comunidad, el SINAC, municipalidades y otras instituciones que desarrollan programas ambientales.

Adicionalmente, los beneficiarios indirectos incluyen las comunidades y espacios naturales donde se ejecutan las acciones de reforestación. La disponibilidad de plántulas en cantidad y calidad adecuada contribuye a mejorar la cobertura vegetal, la recuperación de ecosistemas degradados y la preservación de la biodiversidad local. Esto genera un impacto positivo y tangible en el medio ambiente, reforzando los objetivos de sostenibilidad y desarrollo comunitario que persigue la Fundación y sus aliados.

Por otra parte, los estudiantes universitarios participantes se convierten en beneficiarios a nivel académico y profesional, ya que a través de este proyecto aplicarán sus conocimientos teóricos en un contexto real, enfrentando situaciones que requieren análisis, planificación, diseño técnico y solución de problemas. La experiencia práctica que obtienen fortalece competencias en ingeniería, gestión de recursos, trabajo en equipo y responsabilidad social, integrando la formación académica con el servicio comunitario y el impacto ambiental.

Producto por obtener

Con la ejecución de este Trabajo Comunal Universitario, se buscará lograr varios productos concretos y de alto impacto para la Fundación La Abuela Ecológica y su vivero. En primer lugar, se desarrollará el diseño técnico y la instalación de un sistema de riego por goteo en las camas de germinación del vivero, con el objetivo de optimizar la distribución del agua, garantizar la eficiencia en el riego y aumentar la productividad de las plántulas. Este sistema permitirá un control más preciso sobre la cantidad de agua aplicada, reduciendo desperdicios y asegurando que cada plántula reciba las condiciones necesarias para su crecimiento saludable.

En segundo lugar, se elaborará un manual de operación y mantenimiento del sistema de riego, el cual servirá como guía práctica para el personal encargado del vivero, así como para voluntarios y colaboradores que participen en las actividades de la Fundación. Este manual contendrá instrucciones detalladas sobre el funcionamiento del sistema, procedimientos de mantenimiento preventivo, resolución de problemas comunes y recomendaciones para prolongar la vida útil de los componentes del riego.

Finalmente, como parte integral del proyecto, se realizará una capacitación dirigida al personal del vivero y a los voluntarios, con el propósito de instruir sobre el uso adecuado y el cuidado del sistema de riego. Esta capacitación garantizará que todos los involucrados comprendan los principios del funcionamiento, la importancia del mantenimiento regular y las mejores prácticas para optimizar el recurso hídrico, asegurando que el sistema continúe operando de manera eficiente y sostenible a lo largo del tiempo.

Objetivo general

Implementar un sistema de riego por goteo en las camas de germinación en el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica en Ciudad Quesada, San Carlos para optimizar el uso de agua y mejorar la producción de plántulas destinadas a proyectos de reforestación comunitaria.

Objetivos específicos

1. Diagnosticar las condiciones actuales del vivero en cuanto a infraestructura de riego.
2. Diseñar un sistema de riego por goteo adaptado a las necesidades del vivero.
3. Instalar el sistema de riego en coordinación con la Fundación.
4. Elaborar un manual de operación y mantenimiento.
5. Capacitar al personal encargado en el uso adecuado del sistema.

Recursos requeridos

- Bitácoras de trabajo y registros de campo.
- Cintas métricas y herramientas de medición.
- Materiales para riego por goteo (tuberías, goteros, válvulas, filtros y conexiones).
- Herramientas básicas de instalación (palas, llaves, taladro, cortadores).
- Manual de operación y mantenimiento elaborado como producto del proyecto
- Registro fotográfico de las distintas etapas del proyecto.

Metodología de la intervención

El presente Trabajo Comunal Universitario se desarrolló bajo un enfoque participativo, educativo y aplicado, característico de los proyectos de vinculación universidad - comunidad. El enfoque participativo permitió la integración activa de los estudiantes universitarios con el personal y voluntarios del vivero de la Fundación Abuela Ecológica, promoviendo el diálogo, la toma de decisiones conjunta y la construcción colectiva de soluciones técnicas acordes a las necesidades reales del contexto.

Desde el enfoque educativo, el proyecto se fundamentó en la metodología de aprendizaje experiencial (aprender-haciendo), mediante la cual los estudiantes aplicaron conocimientos teóricos de ingeniería civil e industrial en un entorno real, fortaleciendo competencias técnicas, habilidades de análisis, trabajo en equipo y responsabilidad social. Finalmente, el enfoque aplicado permitió la implementación de una solución concreta y funcional, orientada a optimizar el uso del recurso hídrico mediante la instalación de un sistema de riego por goteo adaptado a las condiciones del vivero.

Las actividades del proyecto se desarrollaron de manera secuencial y organizada, permitiendo una adecuada planificación, ejecución y evaluación del sistema de riego por goteo. Las principales actividades realizadas fueron las siguientes:

Diagnóstico de la situación actual: Se efectuó una visita técnica al vivero para observar las condiciones existentes de las camas de germinación, el método de riego manual utilizado, la disponibilidad de agua y la distribución del espacio. Asimismo, se realizaron entrevistas informales con la encargada de la Fundación y voluntarios, con el fin de identificar las principales limitaciones, necesidades y expectativas relacionadas con el riego.

Análisis y diseño del sistema de riego: Con base en la información recopilada durante el diagnóstico, se diseñó un sistema de riego por goteo adecuado a las dimensiones y características del vivero. Este diseño incluyó la definición del trazado de tuberías, ubicación de goteros, selección de válvulas, filtros y conexiones, así como la estimación de caudales y presiones necesarias para garantizar una distribución uniforme del agua.

Gestión de recursos y materiales: Se realizó la identificación de los materiales necesarios para la implementación del sistema de riego. Considerando las limitaciones financieras de la Fundación, se promovió la búsqueda de apoyo mediante donaciones y patrocinios, recurriendo a ferreterías reconocidas de la zona para la obtención de materiales como tuberías, goteros y accesorios.

Instalación del sistema de riego por goteo: Se procedió a la instalación física del sistema, colocando las tuberías principales y secundarias, goteros, válvulas y filtros, siguiendo el diseño previamente elaborado. Durante esta etapa se verificó la correcta

conexión de los componentes y se realizaron pruebas de funcionamiento para asegurar la eficiencia del sistema.

Capacitación al personal del vivero: Una vez instalado el sistema, se brindó una capacitación práctica al personal del vivero y a los voluntarios, enfocada en el uso adecuado del sistema de riego, el mantenimiento preventivo, la identificación de fallas comunes y las buenas prácticas para el uso eficiente del agua.

Evaluación y seguimiento: Finalmente, se evaluó el funcionamiento del sistema mediante la observación de la uniformidad del riego, el consumo de agua y la respuesta de las plántulas. Esta etapa permitió identificar ajustes necesarios y formular recomendaciones para la sostenibilidad del sistema a largo plazo.

Para el desarrollo del proyecto se emplearon diversas técnicas e instrumentos, entre los cuales se destacan:

Técnicas utilizadas:

- Observación directa del proceso de riego.
- Entrevistas informales con personal y voluntarios del vivero.
- Análisis técnico de requerimientos hidráulicos.
- Trabajo colaborativo y participativo.
- Aprendizaje práctico (aprender-haciendo).
- Capacitación en sitio.

Cronograma de actividades

El proyecto se desarrolla durante los meses de enero a mayo 2026, de acuerdo con la siguiente programación:

Actividades	enero	febrero	marzo	Abril-mayo
Diagnóstico y levantamiento de información	x			
Diseño técnico del sistema de riego		x		
Gestión y adquisición de materiales		x		
Instalación del sistema de riego por goteo			x	
Capacitación y entrega de manual				x
Evaluación y cierre del proyecto				x

Este cronograma permite una ejecución ordenada del proyecto, garantizando el cumplimiento de los objetivos planteados, la adecuada transferencia de conocimientos al personal del vivero y la sostenibilidad del sistema de riego por goteo implementado.

Capítulo 2 Diagnóstico Operativo

Situación Observada

Actualmente, el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica realiza el riego de las camas de germinación de manera completamente manual, utilizando regaderas y otros métodos tradicionales que requieren intervención constante del personal. Este procedimiento presenta varias limitaciones importantes. En primer lugar, el consumo de agua es elevado y poco controlado, ya que no existe un sistema que permita medir con precisión la cantidad aplicada a cada cama, lo que puede generar desperdicio de este recurso vital y afectar la sostenibilidad ambiental del vivero.

En segundo lugar, el riego manual limita la eficiencia en la gestión de las plántulas, ya que requiere que varias personas se involucren en esta actividad durante un tiempo prolongado, lo que reduce la disponibilidad de mano de obra para otras tareas esenciales del vivero, como el trasplante, mantenimiento de camas y preparación de plántulas para donaciones y proyectos de reforestación.

Además, la falta de uniformidad en la aplicación de agua puede provocar que algunas plántulas no reciban la cantidad adecuada, incrementando el riesgo de pérdida de material vegetal y afectando la calidad y cantidad de plantas disponibles para los programas de reforestación en colaboración con el SINAC, municipalidades e instituciones comunitarias. Esta situación evidencia la necesidad de implementar un sistema más eficiente, controlado y sostenible, que permita optimizar el uso del recurso hídrico, mejorar la productividad y garantizar el éxito de las iniciativas ambientales promovidas por la Fundación.

Causas

- Falta de un sistema de riego tecnificado: Actualmente, el vivero no cuenta con un sistema automatizado o controlado que permita la distribución uniforme del agua en las camas de germinación. El riego manual depende del criterio y disponibilidad del personal, lo que genera variabilidad en la cantidad de agua aplicada y limita la eficiencia del proceso.
- Recursos financieros limitados para la mejora de infraestructura: La Fundación La Abuela Ecológica es una organización sin fines de lucro que opera principalmente con donaciones y apoyo comunitario. Esta situación restringe su capacidad para invertir en infraestructura tecnificada, adquirir materiales y herramientas necesarias para optimizar el riego, o implementar soluciones sostenibles de manera inmediata.

Efectos

- Desperdicio de agua: La falta de control en la cantidad de agua aplicada genera un uso ineficiente del recurso hídrico, afectando la sostenibilidad ambiental del vivero y aumentando los costos operativos, ya que se requiere mayor cantidad de agua para mantener las plántulas en condiciones adecuadas.
- Mayor esfuerzo físico y tiempo invertido en riego: El riego manual demanda la participación de varias personas durante largos periodos, generando sobrecarga de trabajo y reduciendo la disponibilidad de recursos humanos para otras tareas críticas del vivero, como el trasplante, mantenimiento de las camas de germinación y preparación de plántulas para proyectos de reforestación.
- Riesgo de pérdida de plántulas en temporada seca: La distribución desigual de agua puede provocar que algunas plántulas no reciban la cantidad necesaria para su

crecimiento, aumentando la mortalidad de las plantas y reduciendo la capacidad del vivero para cumplir con sus objetivos de reforestación en coordinación con el SINAC, municipalidades e instituciones comunitarias.

Alternativas de Solución

La distribución desigual de agua en el vivero representa un problema crítico para el desarrollo de las plántulas. Cuando algunas plantas no reciben la cantidad adecuada de agua, su crecimiento se ve afectado, lo que puede derivar en debilitamiento, retraso en su desarrollo o incluso la muerte de la planta. Esta situación no solo compromete la salud y supervivencia de las plántulas, sino que también reduce significativamente la capacidad del vivero para generar el número necesario de plantas para los distintos proyectos de reforestación.

Como consecuencia, se ve afectado el cumplimiento de los objetivos de reforestación de la Fundación La Abuela Ecológica, así como la colaboración efectiva con instituciones como el SINAC, municipalidades y otras entidades comunitarias que dependen de estas plántulas para sus programas ambientales. La pérdida de material vegetal no solo implica un desperdicio de recursos, sino que también limita el alcance de las acciones de conservación, disminuye el impacto positivo sobre los ecosistemas y retrasa la recuperación de áreas degradadas.

Capítulo 3

Diseño y Articulación del TCU Según Alternativas de Solución

Marco situacional

El proyecto se desarrolla en el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica, que colabora con SINAC, municipalidades y comunidades en programas de reforestación.

Marco teórico

La implementación de sistemas de riego eficientes en viveros forestales constituye un componente fundamental para garantizar la sostenibilidad de los procesos de producción de plántulas, especialmente en organizaciones comunitarias dedicadas a la conservación ambiental y la reforestación. El manejo adecuado del recurso hídrico incide directamente en la calidad del material vegetal, la supervivencia de las plantas y la eficiencia operativa de los viveros forestales, aspectos clave para el éxito de los programas de restauración ecológica (FAO, 2020).

Los viveros forestales cumplen un rol estratégico dentro de las políticas de conservación y recuperación de ecosistemas, ya que permiten la producción controlada de especies nativas destinadas a la reforestación de áreas degradadas, la protección de cuencas hidrográficas y el fortalecimiento de la biodiversidad (Navarro & Gálvez, 2016). Para lograr estos objetivos, es indispensable contar con procesos técnicos adecuados que aseguren condiciones óptimas de crecimiento, entre los cuales el riego ocupa un lugar prioritario.

El riego en viveros forestales tiene como objetivo principal suministrar a las plántulas la cantidad de agua necesaria para su desarrollo, garantizando una distribución uniforme y evitando tanto el déficit como el exceso hídrico. Un manejo inadecuado del riego puede

provocar estrés hídrico, enfermedades radiculares y pérdida de material vegetal, afectando la productividad del vivero (FAO, 2020).

Los métodos tradicionales de riego manual, aunque ampliamente utilizados en viveros comunitarios, presentan limitaciones significativas relacionadas con el consumo excesivo de agua, la falta de uniformidad en la aplicación y la alta demanda de mano de obra. Según Navarro y Gálvez (2016), estos métodos suelen generar variabilidad en la cantidad de agua aplicada, lo que incide negativamente en la calidad y homogeneidad de las plántulas producidas.

En este contexto, los sistemas de riego por goteo se posicionan como una alternativa eficiente y sostenible, especialmente en viveros con recursos limitados. Este tipo de sistema permite aplicar el agua de manera localizada y controlada, directamente en la zona radicular de la planta, reduciendo las pérdidas por evaporación y escorrentía (FAO, 2019).

Desde la perspectiva de la ingeniería de riego, el diseño de un sistema eficiente debe considerar factores como el caudal, la presión, la uniformidad de distribución y la adaptación a las condiciones específicas del terreno y del cultivo. Burt y Styles (2017) señalan que un sistema de riego bien diseñado optimiza el uso del agua, reduce costos operativos y mejora la eficiencia productiva.

El riego por goteo se fundamenta en principios hidráulicos que buscan minimizar las pérdidas de energía y asegurar una distribución homogénea del recurso hídrico. La correcta selección de tuberías, goteros, válvulas y filtros es esencial para garantizar el funcionamiento adecuado del sistema y evitar problemas como obstrucciones o variaciones de presión (Bos et al., 2009).

La eficiencia en sistemas hidráulicos se relaciona directamente con la capacidad de un sistema para cumplir su función con el menor consumo posible de recursos. En el caso del riego por goteo, la eficiencia se refleja en una reducción significativa del consumo de agua, un mayor control sobre la aplicación y una disminución del esfuerzo físico requerido para la operación del vivero (FAO, 2019).

El manejo sostenible de viveros forestales implica la integración de prácticas técnicas, ambientales y organizativas orientadas a garantizar la producción de plántulas sin comprometer los recursos naturales. De acuerdo con Navarro y Gálvez (2016), la sostenibilidad en viveros se logra mediante el uso racional del agua, la selección adecuada de sustratos, la eficiencia en los procesos productivos y la capacitación constante del personal.

La implementación de sistemas de riego tecnificados contribuye de manera directa a la sostenibilidad de los viveros, ya que permite reducir el consumo de agua, optimizar los tiempos de trabajo y mejorar la calidad de las plántulas. Además, estos sistemas facilitan la planificación y el control de las labores de riego, aspectos fundamentales para viveros que operan con voluntarios y recursos limitados.

En organizaciones comunitarias como la Fundación Abuela Ecológica, la adopción de prácticas sostenibles no solo fortalece la producción de plántulas, sino que también refuerza su misión educativa y ambiental, promoviendo una cultura de uso responsable de los recursos naturales.

La participación de estudiantes universitarios en proyectos de mejora técnica y ambiental se sustenta en la teoría del aprendizaje experiencial. Kolb (1984) plantea que el

aprendizaje significativo se produce cuando el estudiante interactúa de forma directa con situaciones reales, reflexiona sobre la experiencia y aplica conocimientos teóricos en contextos prácticos.

Asimismo, la responsabilidad social universitaria (RSU) constituye un marco teórico relevante para los Trabajos Comunales Universitarios. Según Vallaeys (2014), la universidad debe vincular la formación académica con las necesidades sociales y ambientales, promoviendo proyectos que generen impacto positivo en la comunidad. En este sentido, la implementación de un sistema de riego por goteo en un vivero comunitario representa una oportunidad para integrar conocimientos de ingeniería con servicio comunitario y sostenibilidad ambiental.

En Costa Rica, el uso y la gestión del recurso hídrico están respaldados por un marco normativo orientado a la protección ambiental y al desarrollo sostenible. La Ley de Aguas N.° 276 establece principios para el aprovechamiento racional del agua, promoviendo su uso eficiente y la protección de este recurso vital (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1942).

Adicionalmente, la Ley Forestal N.° 7575 reconoce la importancia de la reforestación y el manejo sostenible de los recursos forestales, promoviendo acciones que contribuyan a la conservación de los ecosistemas y al fortalecimiento de los viveros forestales como proveedores de material vegetal (Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, 1996).

El Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) impulsa políticas y estrategias nacionales orientadas a la gestión integrada del recurso hídrico y a la adaptación al cambio

climático, destacando la importancia de implementar tecnologías que reduzcan el consumo de agua y aumenten la eficiencia en los procesos productivos (MINAE, 2015).

Asimismo, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) promueve buenas prácticas en viveros forestales comunitarios, enfatizando la necesidad de utilizar sistemas de riego eficientes que garanticen la calidad de las plántulas destinadas a programas de reforestación (SINAC, 2023).

En este marco normativo, la implementación de un sistema de riego por goteo en el vivero de la Fundación Abuela Ecológica se alinea con las políticas nacionales de uso racional del agua, conservación ambiental y fortalecimiento de iniciativas comunitarias de reforestación, consolidando su pertinencia técnica, ambiental y social.

Desarrollo del trabajo

- Diseño del sistema (distribución de tuberías, presión, caudal).
- Instalación de materiales y pruebas de funcionamiento.
- Capacitación del personal del vivero.
- Evaluación de resultados y ajustes.

Capítulo 4

Conclusiones

Objetivos específicos propuestos

Como parte del proceso de implementación del Trabajo Comunal Universitario (TCU) en el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica para la instalación de un sistema de riego por goteo, se establecen diversos objetivos específicos orientados a la modernización y operatividad de las instalaciones.

El objetivo principal consiste en optimizar el recurso hídrico mediante el diseño y instalación de un sistema de riego por goteo adaptado a las camas de germinación del vivero, lo cual asegura una distribución uniforme del agua. También, se fortalece la fase de producción mediante la preparación técnica de sustratos y el llenado de bolsas de cultivo bajo estándares de compactación adecuados; esto garantiza un medio de crecimiento óptimo para las plántulas.

Además, se ejecuta la sistematización de la disposición física del vivero, a través de la organización y el acomodo de las unidades de producción para el aprovechamiento máximo del área útil. Finalmente, el proyecto integra el uso de insumos orgánicos y técnicas de fertilización natural para promover la sostenibilidad del ecosistema forestal, lo que asegura la viabilidad biológica de los proyectos de reforestación comunitaria impulsados por la Fundación.

Factores positivos y negativos que intervinieron en los logros

Dentro de los aspectos que facilitan el cumplimiento de las metas del TCU, se destaca el trabajo entre compañeros, lo cual permite una división de tareas eficiente y una comunicación constante.

También, la colaboración con la municipalidad actúa como un factor determinante, ya que el aporte de materiales especializados hace posible el avance en la infraestructura técnica del sistema de riego. Dicha coordinación, sumada a una planificación estructurada de las jornadas diarias, garantiza que los procesos se ejecuten de manera ordenada y bajo el cronograma previsto, optimizando el tiempo disponible en el vivero.

En cuanto a los factores que presentan desafíos, se identifican retrasos iniciales en la recepción de los suministros necesarios para la instalación hidráulica. Sin embargo, esta situación se gestiona de manera proactiva mediante la reestructuración del orden de las actividades; de este modo, se priorizan las labores de preparación de sustratos y el llenado de bolsas de cultivo mientras se formaliza la entrega de materiales. Este enfoque permite que el flujo de trabajo sea continuo y que se cumplan satisfactoriamente los objetivos de producción de las plántulas.

Relación del proyecto realizado con la formación profesional

La ejecución de este Trabajo Comunal Universitario (TCU) permite la aplicación práctica de principios fundamentales de la Ingeniería Civil, específicamente en las áreas de hidráulica y construcción de infraestructura menor. La implementación del sistema de riego por goteo demanda un análisis técnico para la distribución de la presión del agua a lo largo de la red de tuberías de PVC; de esta manera, se asegura que el diseño facilite un flujo

constante hacia las camas de germinación. Para lograr este objetivo, resulta fundamental el manejo de herramientas de precisión y equipo eléctrico, tales como tijeras cortatubos y taladros para la perforación exacta de los goteros, lo cual refuerza la capacidad de ejecución en campo y el manejo de materiales.

Además, el proyecto fomenta el desarrollo de un pensamiento crítico orientado a la resolución de problemas técnicos en el sitio. La necesidad de adaptar la red de conducción de agua a las condiciones físicas del vivero permite poner en práctica criterios de nivelación y aprovechamiento del espacio, las cuales son habilidades críticas para el diseño de obras civiles.

Relevancia del proyecto para el estudiante participante

La ejecución de este Trabajo Comunal Universitario constituye una experiencia de alto valor formativo, ya que permite el enfrentamiento a desafíos técnicos y ambientales fuera del entorno académico controlado. La participación en el proyecto demanda una adaptación inmediata a las condiciones climáticas variables de la zona, tales como la exposición solar intensa y lluvias repentinas; esto refuerza la capacidad de resiliencia y el compromiso con la finalización de las metas establecidas.

Además, la gestión administrativa para la obtención de insumos representa un proceso que fomenta la proactividad y el desenvolvimiento profesional. A pesar de que en diversos acercamientos no se logra concretar la entrega de materiales por parte de algunas entidades, el proceso de presentar oficios, solicitar apoyo técnico y negociar directamente con diferentes actores sociales resulta fundamental para desarrollar habilidades de comunicación asertiva y gestión de proyectos.

Resultados en relación con los objetivos específicos

En cumplimiento con los objetivos planteados para este TCU, se concluye de manera satisfactoria la instalación del sistema de riego por goteo del vivero, lo cual asegura una operatividad eficiente dentro de los plazos definidos en el cronograma del proyecto. La finalización de esta infraestructura técnica permite optimizar el recurso hídrico en las camas de germinación, lo que garantiza un suministro constante y controlado para las especies en desarrollo.

Además, se obtienen resultados significativos en las labores de preparación del sitio y soporte productivo. Se ejecutan tareas de extracción y preparación de sustratos bajo criterios de calidad, facilitando así el llenado sistemático de bolsas para plántulas. De igual manera, se realizan actividades de mantenimiento correctivo y preventivo en la infraestructura del vivero, lo cual contribuye al establecimiento de un entorno controlado y seguro para la producción vegetal.

Recomendaciones finales

Desde una perspectiva orientada al mantenimiento de infraestructura, se recomienda dar un seguimiento técnico periódico a las camas de germinación y al sistema de riego instalado. Debido a que el diseño actual utiliza conexiones fijas con adhesivo de PVC para garantizar la eficiencia de las uniones, se mantiene el diseño de los tapones finales de cada línea de conducción sin adherir de forma permanente.

Se sugiere aprovechar esta característica de diseño para realizar lavados internos de la red de forma regular. Al retirar los tapones finales en cada línea de conducción, se facilita la

expulsión de sedimentos, algas acumuladas o cualquier residuo sólido que pueda obstruir los goteros.

Esta práctica de mantenimiento preventivo resulta fundamental para asegurar que la distribución del flujo hídrico sea uniforme y para evitar fallos por sobrepresión o taponamiento en la red de distribución. Además, se propone inspeccionar periódicamente la integridad física de las camas para corregir posibles desniveles que puedan afectar la eficiencia del riego.

Capítulo 5 Referencias

FAO (2017). Manual de sistemas de riego.

MINAE (2020). Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.

Fundación La Abuela Ecológica (2024). Informes internos.

Apéndice A

Carta de solicitud

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

San Carlos, 19 de enero del 2026.

Señor(a):
Laura Alfaro González
Presidente
Fundación Abuela Ecológica

Estimado(a) Señor(a):

La UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON hace constar que el estudiante María Jesús Salas Acuña, portadora de la cédula de identidad número [redacted] es estudiante de esta Institución, y se encuentra matriculada en el I CUATRIMESTRE DEL 2026.

Con el fin de cumplir con requisitos requeridos en su carrera, deberá realizar el TRABAJO COMUNAL UNIVERSITARIO (TCU) durante este cuatrimestre, con una duración de 150 (ciento cincuenta) horas. Este requisito le permitirá graduarse y obtener el título de Licenciatura en Ingeniería Civil.

Con este propósito, el estudiante Salas Acuña, solicita respetuosamente, permiso para desarrollar este Trabajo Comunal Universitario, en la Fundación Abuela Ecológica, según el planteamiento formal que concretamos ante usted.
Agradecemos profundamente su colaboración en aras del mejor desempeño de la estudiante en este Trabajo Comunal Universitario.

Atentamente,

NIDIA BADILLA GUTIERREZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por NIDIA BADILLA GUTIERREZ (FIRMA)
Fecha: 2026.01.19 17:12:48 -06'00'

Coordinación Trabajos Comunales Universitarios
Universidad Isaac Newton

Cc: expediente personal

Apéndice B

Carta de Aceptación

FUNDACIÓN ABUELA ECOLÓGICA
Quesada, San Carlos, Alajuela, Costa Rica
Tel: 6060-7894
Correo: fundacionabuelaecologica@gmail.com

19 de Enero 2026

Carta de Aceptación de Trabajo Comunal Universitario.

Por medio de la presente yo Laura Alfaro González cédula [redacted] como directora, doy autorización para que la estudiante María Jesús Salas Acuña, portadora de la cédula de identidad número [redacted] de la Carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, realice el Trabajo Comunal Universitario en la institución que dirijo, el cual se realizará del 26 de enero al 2 de mayo del año 2026. Comprendiendo un total de 150 horas.

No omito manifestarles que, asimismo, se concede la autorización a los colaboradores encargados de dicha Universidad para que realicen las visitas de supervisión que consideren pertinentes, a fin de verificar la realización del Trabajo Comunal Universitario, así como el desempeño del estudiante. Por otra parte, la Institución se compromete a verificar, en ausencia del Docente Asesor, la realización de los trabajos y dar fe de estos, mediante la firma de una persona autorizada por la Institución.

Directora

Laura Alfaro González

LAURA ALFARO GONZALEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por LAURA ALFARO GONZALEZ (FIRMA)
Fecha: 2026.01.19 12:54:45 -06'00'

Apéndice C

Declaración Jurada

DECLARACIÓN JURADA PARA TRABAJO COMUNAL UNIVERSITARIO.

Yo María Jesús Salas Acuña, mayor, soltera, portadora de la cédula de identidad número [redacted] vecina de Barrio El Carmen Frente A La Iglesia, Ciudad Quesada, San Carlos, en mi condición de estudiante de la Universidad Isaac Newton y advertido de que nuestra legislación castiga con pena de prisión el falso testimonio y el perjurio y sin que exista ningún tipo de coacción o amenaza, y para efectos de trámites de registro de la propuesta del Trabajo Comunal Universitario, de ahora en adelante TCU, para su posterior presentación ante el ente académico y administrativo correspondiente, **DECLARO DE MANERA LIBRE Y VOLUNTARIA Y BAJO FE DE JURAMENTO QUE**: "En mi condición de estudiante de la carrera Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, he cumplido con todos y cada uno de los requisitos académicos y legales establecidos para proceder a matricular y ejecutar, una vez aprobado, el TCU, incluido nombre completo y firma del supervisor a cargo o Director de la institución donde se ejecute el TCU, sello original y nítido de la institución, dirección y teléfono accesible de la institución; tal como fueran sometidos para su conocimiento y aprobación al CONESUP por esta Universidad, todo de conformidad con las normas vigentes que rigen la materia. Como parte de mi proceso para optar a mi titulo de Licenciatura en Ingeniería Civil he procedido a iniciar el trámite respectivo de la propuesta para ejecutar el TCU con un total de 150 horas de servicio, del cual soy autor intelectual y bajo la misma fe de juramento declaro que el mismo es inédito y no resulta de la copia, reproducción o alteración de otro con similar nombre y que se encuentre protegido por las leyes de derechos de autor y otros tratados internacionales. Cualquier mención a trabajo, investigación, autor, recopilación o similar, se hace solo como referencia bibliográfica y para la mayor comprensión de mi servicio social y como soporte técnico del mismo. Por lo anterior libero al personal docente y administrativo de la Universidad Isaac Newton que se vean involucrados en este proceso, como institución educativa y de carácter privado de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración resultare falsa, incompleta u omisa, y asumo la totalidad de la responsabilidad penal o civil de mi accionar. Realizo esta declaración en Ciudad Quesada, 22 de enero a las horas 18:50 del 2026.

Nombre completo del estudiante: María Jesús Salas Acuña

Firma del estudiante:

Cédula: [redacted]

Apéndice D

Bitácora

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

BITÁCORA DE

TRABAJO COMUNAL UNIVERSITARIO

Nombre del Estudiante:	María Jesús Salas Acuña		
Cédula del Estudiante:	[redacted]		
Fecha inicio TCU	26/01/2026	**Fecha finaliza TCU**	19/03/2026
Carrera que cursa:	Licenciatura en Ingenieria Civil		
Lugar donde se realiza TCU:	Fundación Abuela Ecológica		
Nombre del supervisor en el sitio del TCU:	Laura Alfaro González		
Nombre del TCU:	Implementación de un sistema de riego por goteo en el vivero de la Fundación La Abuela Ecológica.		

Actividad Detallada	*Fecha*	*Horas*	*Firma del supervisor y sello de la Institución*
Se realizó la excavación de una zanja para redirigir el tubo de agua existente hacia las camas de germinación. Se intervino la tubería existente mediante un codo para instalar 3 metros adicionales de tubo PVC. El sistema se dejó apuntando hacia las camas de germinación.	26/01/26	5 horas	
Se realizó las mediciones del terreno para definir las dimensiones del proyecto y se elaboró el presupuesto de los materiales necesarios. Además, se ayudó realizando la extracción de la semilla del achote para su distribución en las cámaras de germinación.	28/01/26	5 horas	
Subtotal de horas	28/01/26	10 horas	

Por el clima y al retraso del material cotizado, se realizó labores de mantenimiento en la infraestructura, como la aplicación de pintura anticorrosiva en la estructura de las camas de germinación,	30/01/26	6 horas	
Luego de la llegada de los materiales, se iniciaron las labores de ensamblaje y pegado de las tuberías en las camas de germinación. Luego, se realizó el marcaje para determinar la ubicación de los goteros, pasando con la perforación del tubo PVC mediante un taladro eléctrico.	04/02/26	6 horas	
Se siguió con la instalación técnica de la red de tuberías de PVC sobre las camas de germinación y con la perforación de los tubos restantes.	05/02/26	6 horas	
Debido al clima el día se centró en labores de mantenimiento y orden del espacio de trabajo. Se realizó una limpieza de los estañones en el área.	06/02/26	6 horas	
Se realizaron labores de reacomodo de las plántulas en las camas de germinación, además se trabajó en el mantenimiento de la cubierta de la estructura, procediendo a ajustar y reparar el sarán y el plástico superior.	09/02/26	5 horas	
Se realizaron labores de gestión externa mediante la entrega formal de cartas de solicitud a diversas empresas de la zona. El objetivo de estas comunicaciones es gestionar donaciones que permitan el fortalecimiento del vivero.	17/02/26	4 horas	
Subtotal de horas	17/02/26	33 horas	

Se realizó la siembra y trasplante de plántulas en el área del vivero. Se realizó la distribución estratégica de los ejemplares en las áreas designadas.	18/02/26	6 horas	
Se dio continuidad a una siembra y trasplante de plántulas en el área del vivero. Además de ubicarlas estratégicamente en las áreas designadas ordenas previamente.	19/02/26	6 horas	
Se realizó una extracción de tierra y además una preparación del sustrato para la siembra, asegurando la limpieza y mezcla adecuada de los materiales.	20/02/26	6 horas	
Se realizó un llenado de bolsas de plántulas con el sustrato preparado que era la tierra, miel y boñiga, cuidando el nivel de compactación de las bolsas.	21/02/26	6 horas	
Se realizó una gira de campo para la recolección de microorganismos de montaña, material que usará para hacer microorganismos de montaña (MM) sólidos destinados a su uso como abono natural. Asimismo, se recolectaron ejemplares de árboles y semillas de achachairú para su posterior propagación	23/02/26	8 horas	
Se hizo una selección y clasificación de plántulas en las camas de germinación según su tamaño para el proceso de trasplante a las bolsas además del reacomodo de las bolsas con plántulas para hacerle espacio a las nuevas bolsas.	27/02/26	6 horas	
Subtotal de horas	27/02/26	38 horas	

Se inició el trasplante de diversas especies de plántulas a las bolsas preparadas que se habian realizado con la mezcla especial de tierra, miel y la boñiga	28/02/26	6 horas	
Se dio continuidad con del trasplante y organización de las bolsas por sectores para poder optimizar el riego y el seguimiento.	02/03/26	6 horas	
Se hizo una extracción de tierra del área designada por la tutora para poder llenar las bolsas de plántulas y posteriormente empezar con la preparación y llenado de bolsas.	03/03/26	6 horas	
Se preparó tierra anteriormente extraída con boñiga y miel para poder llenar bolsas de plántulas que sembramos con anterioridad en las camas de germinación, entre ellas el achote.	04/03/26	6 horas	
Se continuo con el llenado de las plántulas de achote mientras se iban sacando de la cama de germinación, además se empezó con la distribución de las bolsitas ordenadamente dentro del vivero.	05//03/26	6 horas	
Se dio continuidad al llenado de bolsas, pero añadiendo otras especies entre esas donaciones que le hicieron al vivero de plántulas de Tabacón, además de tener que volver a la excavación de tierra.	06/03/26	6 horas	
Subtotal de horas	06/03/26	36 horas	

Se inició un conteo detallado de la cantidad total de plántulas en la parte interna del vivero y acomodando diversas filas de bolsas en sectores nuevos.	09/03/26	6 horas	
Se continuo con el conteo de plántulas en el lado exterior del vivero, además de acomodar y rellenar bolsas que tenía cierto faltante de tierra.	10/03/26	6 horas	
Se inició a pasar las plántulas dentro del vivero a su etapa de estrés, que significa pasarlas afuera del vivero donde les da la luz directamente.	11/03/26	6 horas	
Se hizo un reacomodo de bolsas, ya que las filas se hacen de 4 bolsas de manera horizontal y de esta manera puedan quedar paradas y organizadas lo mejor posible.	16/03/26	6 horas	
Se inició el registro del inventario, pero restando las bolsas de plántulas que luego de haber sido expuestas a estrés no sobreviven, además de acomodar filas de bolsas.	17/03/26	6 horas	
Se continuo con el registro de las plántulas que no sobreviven, sumando nuevas bolsas de plántulas que se llenaron y se acomodaron en nuevos lugares dentro del vivero tomando el lugar del primer grupo que se sacó.	19/03/26	6 horas	
Subtotal de horas	19/03/26	36 horas	
Total de horas		153 horas	

Director de Carrera

Docente Asesor

l

Apéndice E

Carta de Certificación de conclusión

Carta de Certificación de cumplimiento de

Trabajo Comunal Universitario.

Por medio de la presente yo Laura Alfaro González certifico que la estudiante María Jesús Salas Acuña, portadora del número de cédula [redacted] de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, realizó el Trabajo Comunal Universitario, sin fines de lucro, en la institución que dirijo, durante el período del mes de enero al mes de mayo del año 2026, comprendiendo un total de 150 horas.

Se extiende esta certificación a los 19 días del mes de 3 del año 2026.

Firma

Director de la Institución

Sello

Anexos

Figura 1. E**xcavación de zanja para la red hidráulica existente.**

Descripción: Realización de excavación manual con el objetivo de redirigir el flujo de agua desde la red existente hacia las camas de germinación.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (enero 2026).

Figura 2. Toma de medidas en camas de germinación.

Descripción: Toma de medidas longitudinales y transversales de las estructuras de las camas de germinación. Esta etapa fue crítica para el dimensionamiento exacto de la red, permitiendo calcular la longitud total de tubería necesaria y asegurar una cobertura uniforme del riego.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (enero 2026).

Figura 3. Levantamiento técnico para el pedido de suministros.

Descripción: Evaluación en campo para la determinación de insumos hidráulicos. A partir de estas medidas se elaboró el listado de materiales requeridos, incluyendo la cantidad exacta de uniones, codos, tapones y metros lineales de tubería de PVC, optimizando así el presupuesto y evitando el desperdicio de recursos.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (enero, 2026).

Figura 4. Perforación de la red de emisores para riego.

Descripción: Uso de taladro eléctrico para la creación de los goteros. Se verificó el ángulo de perforación y la profundidad para asegurar un diámetro uniforme, crucial para el mantenimiento de la presión hidráulica y la uniformidad del riego en todo el sistema.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 5. Ejecución de perforaciones para goteros y trazado de diseño.

Descripción: Operación de taladrado manual para la creación de orificios de goteros. Previo a la perforación, se realizó el trazado lineal de las marcas guía, garantizando la distancia técnica requerida entre goteros para una correcta distribución hídrica en las camas.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 6. Ensamble y pegado de la red de conducción principal.

Descripción: Aplicación de pegamento para PVC para la unión de tuberías y accesorios. Se verificó la limpieza previa de las superficies para asegurar un sellado hermético, garantizando la integridad hidráulica del sistema y evitando futuras fugas que comprometan la eficiencia hidráulica de la red.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 7. Ejecución de perforaciones para goteros en tubería de PVC.

Descripción: Operación de taladrado eléctrico para la creación de orificios de goteros. Se aplicó una distancia técnica uniforme entre perforaciones según el diseño hidráulico previo, crucial para lograr una distribución hídrica eficiente y evitar el taponamiento por sedimentos en los puntos de salida.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 8. Prueba de operatividad y validación del sistema de goteo.

Descripción: Evidencia visual del funcionamiento del emisor artesanal en la tubería de PVC. Esta prueba de campo validó el diámetro de perforación y la presión hidráulica del sistema, demostrando un caudal uniforme que garantiza la eficiencia hídrica necesaria para las camas de germinación.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 9. Configuración final de la red de goteo con emisores bilaterales.

Descripción: Vista en planta de la instalación de las camas de germinación. Para cumplir con la restricción de diseño de no sobrepasar dos líneas de conducción por cama por pedido de la dueña del vivero, se optimizó el sistema realizando perforaciones de goteros laterales en cada tubo de PVC. Esta técnica aplicada logró una cobertura hídrica bilateral (hacia ambos lados del tubo), duplicando el área de riego efectiva sin incrementar la complejidad hidráulica ni el costo de materiales, asegurando un caudal uniforme para todas las plántulas.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).

Figura 10. Detalle técnico de gotero bilateral y trazo guía en tubería.

Descripción: Acercamiento al punto de gotero que muestra la ejecución de la perforación lateral en la tubería de PVC. Se evidencia el trazo guía con marcador que son las líneas negras laterales, utilizado para garantizar la precisión de la equidistancia entre goteros. La operatividad del gotero demuestra el ángulo y caudal adecuados para lograr una cobertura hídrica bilateral, maximizando el área de riego efectiva en el sustrato.



Fuente: Archivo fotográfico del proyecto (febrero, 2026).