



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO
DE LIMPIEZA DE GANADO VACUNO EN EL SECTOR LA
CONCORDIA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingenieros en Mecatrónica

AUTORES: RODRIGO JOVANY CASTRO SALAZAR

JHON STEVEN CHALACO VERA

TUTOR: RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

Quito – Ecuador

2025

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Rodrigo Jovany Castro Salazar con documento de identificación N°1722808621 y Jhon Steven Chalaco Vera, y N°1726654856; Manifestamos que:


Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de Agosto del año 2025

Atentamente,



Rodrigo Jovany Castro Salazar
1722808621



Jhon Steven Chalaco Vera
1726654856

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Nosotros, Rodrigo Jovany Castro Salazar con documento de identificación N.º1722808621 y Jhon Steven Chalaco Vera, y N.º1726654856, expresamos nuestra voluntad por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo Tecnológico: “Diseño y construcción de un sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno en el sector La Concordia”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de Agosto del año 2025

Atentamente,



Rodrigo Jovany Castro Salazar
1722808621



Jhon Steven Chalaco Vera
1726654856

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N°1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO DE LIMPIEZA DE GANADO VACUNO EN EL SECTOR LA CONCORDIA, realizado por Rodrigo Jovany Castro Salazar con documento de identificación N°1722808621 y Jhon Steven Chalaco Vera con documento de identificación N°1726654856, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo Tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de Agosto del año 2025

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza, MSc.

1710597269

AGRADECIMIENTO

En agradecimiento a mis padres, por su amor incondicional y por estar en cada etapa de mi vida quienes me brindaron su apoyo tanto en momentos difíciles como en los de alegría. La confianza y aliento fueron de ayuda para seguir adelante en mi formación académica.

A mis hermanas quienes me entregan su compañía y por el cariño que siempre dan incondicionalmente.

A los ingenieros que me guiaron durante mi formación, por compartir conocimientos y enseñarme el valor del compromiso y la responsabilidad en el crecimiento profesional

A mis amigos con quienes compartí la etapa universitaria, por la compañía, por las risas y retos superados.

Jhon Steven Chalaco Vera

En agradecimiento a los docentes que lograron ir más allá de lo que les correspondía, aquellos que antes de ser académicos son humanos.

A las amistades que logré construir con el paso del tiempo dentro de la institución con las cuales generé un gran vínculo.

A aquella persona que me acompañó en gran medida del proceso y que estoy feliz de seguir teniendo en mi vida.

A la vida por permitirme superar retos los cuales cada vez se complican más.

Y finalmente agradezco por la familia que tengo, que con todos mis aciertos y desaciertos siempre estarán presentes para reír, llorar o celebrar, ese cálido amor incondicional que se que nunca me faltará.

Rodrigo Jovany Castro Salazar

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes son un pilar importante en mi vida. Gracias por enseñarme a como ser una persona de bien y a afrontar con fortaleza las dificultades que la vida presenta, con su ejemplo aprendí a superar cada desafío que me guían a crecer como persona.

A mis hermanas que están presentes y dispuestas a escucharme, por sus consejos y motivarme a superarme como persona y académicamente.

A mis sobrinos con los que vivo momentos de alegría y sus ocurrencias iluminan mis días.

A mis amigos, por compartir diferentes momentos y me acompañaron durante este camino con su apoyo y compañía.

Jhon Steven Chalaco Vera

A toda la gente que me ha apoyado durante estos años de constante perseverancia en el periplo de conseguir un título de tercer nivel. Sobre todo, a mis abuelos, Max Salazar y Patricia Ulloa los cuales fueron pilares fundamentales en cada paso, quienes nunca pusieron en duda su confianza en mí, y en mis capacidades para llegar al objetivo, por darme ese aliento al final cuando más se lo necesitaba.

A mi madre quien se mantuvo con una inmutable muestra de cariño y apoyo incalculable durante todo el proceso. A mi padre quien me enseñó el valor real del esfuerzo a su propia forma.

Y a mis tías y tíos, que sabía que estarían al otro lado de las tinieblas extendiéndome una mano y que nunca escuche un no se puede por respuesta, Gracias Pablo Salaza y Hector salazar

A mis hermanos, Jamil, Chabaco y Nena los cuales han dejado plasmadas huellas por las cuales me facilitan el camino.

Y a mis amigos incondicionales que estuvieron presentes brindando su apoyo en el último salto.

Rodrigo Jovany Castro Salazar

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CEFRTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
OBJETO DE ESTUDIO.....	2
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
Hipótesis del proyecto.....	4
Alcance del proyecto.....	4
CAPÍTULO 1	5
Marco Contextual y Teórico.....	5
1.1 Introducción	5
1.2 Marco teórico.....	5
1.2.1 Antecedentes del proyecto	5
1.2.2 Diseño del proyecto	7
1.2.3 Aspectos teóricos fundamentales	9

CAPÍTULO 2	10
Fundamentación Teórica.....	10
2.1. Introducción	10
2.2. Fundamentación de la investigación.....	10
2.3. Análisis de alternativas	11
2.3.1. Método manual con fumigadoras tipo mochila	12
2.3.2. <i>Método por inmersión</i>	13
2.3.3. <i>Método por aspersión semiautomático</i>	14
2.3.4. <i>Método por aspersión automático</i>	15
2.4. Cuadros comparativos de Selección de alternativas.....	16
2.5. Modalidad de la investigación.....	17
2.6. Operacionalización de las variables.....	21
2.7. Técnicas e instrumentos	23
2.7.1. <i>Aspersor</i>	25
2.7.2. <i>Boquilla</i>	25
2.7.3. <i>Tubería de Polietileno</i>	27
2.7.4. <i>Bomba periférica monofásica</i>	29
2.7.5. <i>Sensor de presencia</i>	31
2.7.6. <i>Verificación de materiales en la construcción de corral</i>	32
2.7.7. <i>Sensor de Nivel</i>	33
2.7.8. <i>Controlador</i>	34
2.7.9. <i>Tipo de control</i>	35
CAPÍTULO 3	36
Análisis e Interpretación de la Implementación.....	36
3.1. Introducción	36
3.2. Descripción de la situación actual	36
3.3. Cálculos y Selección del corral.....	38
3.3.1 <i>Cálculo de número de vueltas para la unión utilizando alambre galvanizado</i>	39
3.4. Cálculos y Selección del sistema de aspersión	41
3.4.1 <i>Cobertura de aspersión de la boquilla</i>	41
3.4.2 <i>Cálculo de aspersores horizontales</i>	41
3.4.3 <i>Cálculo de aspersores verticales</i>	42
3.5. Características de los aspersores	43
3.6. Cálculos y Selección de la bomba.....	45
3.7. Cálculos y Selección de la Tubería.....	46

3.8.	Cálculos y selección de elementos eléctricos	47
3.8.1	<i>Selección del calibre</i>	47
3.8.2	<i>Selección del interruptor termomagnético</i>	48
3.8.3	<i>Selección del guardamotor</i>	49
3.8.4	<i>Selección del contactor</i>	49
3.8.5	<i>Paro de emergencia</i>	50
3.8.6	<i>Pendant box</i>	50
3.8.7	<i>Esquema eléctrico</i>	51
3.9.	Sistema de tuberías.....	54
3.10.	Simulaciones del proceso.....	55
3.10.1	<i>Sistema de tubería cuando se ejerce una fuerza</i>	57
3.11.	Construcción del corral y del sistema	58
3.12.	Construcción del tablero de control	60
CAPÍTULO 4.....		62
ANÁLISIS ECONÓMICO		62
4.1.	Introducción.....	62
4.2.	Comprobación de la hipótesis.....	62
4.3.	Evaluación ambiental	63
4.4.	Comprobación de Resultados	64
4.5.	Manual de Operación y mantenimiento	68
4.6.	Análisis de costos de la implementación del proyecto.....	68
4.6.1	<i>Costos indirectos</i>	71
4.6.2	<i>Costos imprevistos</i>	71
4.7.	Análisis económico	72
4.7.1	<i>Cálculo del costo salarial por sesión</i>	73
4.7.2	<i>Inversión inicial y mantenimientos</i>	73
4.7.4	<i>Análisis del TIR y del VAN</i>	74
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		78
REFERENCIAS		79
ANEXOS.....		82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño del proyecto.....	7
Figura 2. Corral de ganado.	8
Figura 3. Pasillo para la aspersión de ganado.	9
Figura 4. Diagrama de Ishikawa de Causa y Efecto sobre problemas de limpieza de ganado.	11
Figura 5. Mochila manual fumigadora.....	12
Figura 6. Método por inmersión.	13
Figura 7. Método por aspersión semiautomático.	14
Figura 8. Layout del sistema.....	19
Figura 9. P&ID del sistema de limpieza de ganado.	20
Figura 10. Ganado Girolando.	23
Figura 11. Boquillas estándar de aspersión.....	25
Figura 12. Forma de aspersión	27
Figura 13. Manguera de polietileno.	27
Figura 14. Bomba periférica.	30
Figura 15. Sensor infrarrojo E18-D80NK.....	32
Figura 16. Sensor de nivel por flotador.	33
Figura 17. PLC Panasonic AFP0RC16P.....	34
Figura 18. Tipo de sistema.	35
Figura 19. Corral de ganado donde se realiza la limpieza de ganado.....	36
Figura 20. Diseño del corral de ganado.	37
Figura 21. Aspersión tipo full Cono.	38
Figura 22. Cobertura de Boquillas Horizontales.....	42
Figura 23. Cobertura de aspersores verticales.....	42
Figura 24. Cobertura de aspersores en lateral	43
Figura 25. Bomba seleccionada	45
Figura 26. Lista de cables AWG.....	48
Figura 27. Interruptor termomagnético ABB.....	49
Figura 28. Guardamotor ABB.	49
Figura 29. Contactor ABB.....	50
Figura 30. Pendant box.....	50
Figura 31. Diagrama del PLC.....	51
Figura 32. Diagrama de flujo del sistema.	52
Figura 33. Esquema eléctrico del prototipo.	53
Figura 34. Sistema de tuberías para aspersión.	55
Figura 35. Prototipo de sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno.	56
Figura 36. Simulación de tubería de agua cuando se ejerce una fuerza.	57
Figura 37. Simulación tubería cuando se ejerce una fuerza externa en su lateral.....	58
Figura 38. Construcción del corral.	58
Figura 39. Construcción pasillo del corral.	59
Figura 40. Construcción de tuberías y ubicación de aspersor.	59
Figura 41. Tablero sin elementos eléctricos internos.	60
Figura 42. Tablero con los componentes interno.	61
Figura 43. Primera prueba con un animal.	63
Figura 44. Antiparasitario externo Garrakill.....	64
Figura 45. Prueba de aspersión.....	65
Figura 46. Prueba de aspersión en ganado vacuno.....	65
Figura 47. Pruebas de rociado.	66
Figura 48. Gráfico Tiempo-Área.	67
Figura 49. Elementos externos del tablero.....	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fumigadora tipo mochila.	12
Tabla 2. Método por inmersión.....	13
Tabla 3. Método por aspersión.....	14
Tabla 4. Método por aspersión automático.	15
Tabla 5. Tabla comparativa en selección de alternativa.	16
Tabla 6. Puntaje en la asignación de alternativas.	17
Tabla 7. Código de identificación funciona P&ID.	20
Tabla 8. Variable independiente.	22
Tabla 9. Variable dependiente.	22
Tabla 10. Especificaciones PLC Panasonic.	35
Tabla 11. Velocidad típica según el sistema.	46
Tabla 12. Elementos electrónicos.	61
Tabla 13. Tiempo-área total cubierta.	67
Tabla 14. Lista para la compra del sistema de tuberías	68
Tabla 15. Tabla de elemento hidráulicos.	69
Tabla 16. Costos eléctricos.	70
Tabla 17. Tabla de costo de elemento de control.	71
Tabla 18. Costo de mano de obra.....	71
Tabla 19. Costos imprevistos del proyecto.	72
Tabla 20. Comparativa de costos por mano de obra.....	73
Tabla 21. Sumatoria del VAN.	75
Tabla 22. Tabla del TIR.....	76
Tabla 23. Distribución de los leds.....	93
Tabla 24. Mantenimiento del sistema de limpieza de ganado	96

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plano de los elementos.	82
Anexo 2. Plano del corral.	83
Anexo 3. Plano de la manguera hidráulica.	84
Anexo 4. Plano del tablero de control.	85
Anexo 5. Plano del tanque.	86
Anexo 6. Plano de la U de fijación P.	87
Anexo 7. Plano de la U de fijación T.	88
Anexo 8. Código PLC.	89
Anexo 9. Declaración de variables.	90
Anexo 10. Ficha técnica del Garrakill.	91
Anexo 11. Manual de operación.	92
Anexo 12. Mantenimiento preventivo.	96

RESUMEN

En el contexto actual, el sector agropecuario figura una actividad estrategia dentro de la producción nacional. No obstante, se evidencia un déficit en la adopción de tecnologías, lo que se traduce en procesos operativos ineficientes con tiempo de ejecución prolongados para realizar una tarea. Uno de estos procesos es la limpieza de ganado, realizada generalmente entre los 15 o 21 días, el procedimiento tiene una forma común realizable, con una fumigadora de mochila manual, lo que limita su eficacia en tiempo, exige considerable esfuerzo físico por parte del operario.

Ante esta problemática, el presente proyecto propone un diseño e implementación de un sistema semiautomático para la limpieza de ganado, que incorpora sensores, técnica de aspersión controlada y mecanismos que ayuden en la aspersión mediante la utilización de un controlador, que comande de manera eficiente los diferentes componentes electrónicos dentro del procesos de aspersión. Con la finalidad de optimizar el procedimiento, reduciendo el esfuerzo físico, la exposición de líquidos nocivos, mejorando así las condiciones de trabajo.

Se comprobará la viabilidad de que el uso de sistemas mecatrónicos dentro de la industria agropecuaria puede reducir tiempos y costos. Por el cual, se aplica un procedimiento metodológico que consta de investigación, diseño y pruebas de funcionamiento que permite verificar una adecuada ejecución en el sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno. Por lo tanto, permite identificar cuan óptimo es el proceso en relación al método anterior.

Palabras claves: Sensor de proximidad, mecanismo de aspersión, control de aspersión

ABSTRACT

In the current context, the agricultural sector is a strategic activity within national production. However, there is a deficit in the adoption of technologies, which translates into inefficient operational processes with long execution time to perform a task. One of these processes is the cleaning of cattle, generally carried out between 15 and 21 days. This procedure has a common way of being carried out, with a manual knapsack sprayer, which limits its efficiency in time and requires considerable effort on the part of the operator.

Faced with this problem, this project proposes a design and implementation of a semi-automatic system for cleaning cattle, which incorporates sensors, controlled spraying technique and mechanisms to assist in the spraying through the use of a controller that helps and efficiently controls the various electronic components that will be carried out during the spraying process. In order to optimize and improve the procedure, with the advantage of reducing physical effort and exposure of hazard liquids, improving working conditions.

The feasibility of using mechatronic systems in the agricultural industry will be tested to reduce time and costs. By which, a methodological procedure is applied consisting of research, design and operation tests that allow to verify an adequate execution in the semi-automatic cattle cleaning system. Therefore, it allows to identify how optimal the process is in relation to the previous method.

Keywords: Proximity sensor, sprinkler mechanism, sprinkler control

INTRODUCCIÓN

La tecnología se ha convertido en una herramienta fundamental para el desarrollo del sector productivo, que permite incrementar la eficiencia operativa, reducir costos y mejorar la calidad de los procesos. En el contexto ecuatoriano, el sector agropecuario aún presenta importantes limitaciones en cuanto al acceso y uso de tecnologías apropiadas.

Uno de los procesos rutinarios que evidencian estas limitaciones es la limpieza del ganado, que generalmente se realiza de forma manual, mediante fumigadoras tipo mochila. Este método es ineficiente, requiere un alto esfuerzo físico por parte del operario y conlleva riesgos por la exposición directa a productos químicos.

El presente proyecto propone el diseño e implementación de un sistema semiautomático de limpieza de ganado mediante aspersores activados por sensores. Esta solución busca optimizar el proceso, reducir la carga física del operario y mejorar el bienestar del animal.

Busca solucionar los problemas presentes en la Finca situada en la comunidad de la Crisanto Vera del Sector La Concordia mediante la aplicación tecnológica, permite soluciones prácticas que ayudan en la optimización del proceso y asegurar prácticas sostenibles garantizando un mejor trato en el ganado vacuno

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel nacional el sector agropecuario representa una actividad estratégica donde persisten limitaciones significativas en la incorporación de tecnologías apropiadas que garanticen la optimización de procesos productivos y apropiadas condiciones laborales para los operarios. En si las tareas rutinarias como la limpieza del ganado son realizables, en mayoría de casos, de forma manual y con escasa tecnificación

Estas prácticas afectan a productores ganaderos, al carecer de alternativas eficientes, deben acudir a métodos tradicionales como el uso de fumigadoras de mochila manuales. Este procedimiento no solo implica un esfuerzo físico para el operario, también conlleva una exposición a productos químicos nocivos. También, el encierro prologando del ganado durante largas jornadas genera estrés en el animal, lo que genera comportamientos agresivos y afecta su salud.

La limpieza del ganado se realiza cada 15 a 21 días, mediante técnicas manuales poco eficientes. Esto ocasiona demoras, disminución del rendimiento operativo por fatiga del personal, y riesgos de salud derivados de la manipulación directa de sustancias químicas. Asimismo, el malestar y agitación del ganado durante el encierro pueden derivar en accidentes y pérdida de control del proceso

Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar soluciones tecnológicas viables y adaptables que permitan automatizar parcialmente este proceso, reduciendo la carga física sobre el operario, minimizando el riesgo de exposición a químicos y garantizando condiciones adecuadas de bienestar animal

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de limpieza del ganado se realiza de manera manual, utilizando fumigadoras de mochila manual. Esta técnica demanda de esfuerzo físico por parte del operario, lo que prolonga el tiempo de ejecución y disminuye la eficiencia del procedimiento. La cercanía con los productos químicos utilizados representa un riesgo para la salud del trabajador, pudiendo ocasionar reacciones alérgicas u otras afectaciones.

En la comunidad de la Crisanto Vera en el sector La Concordia, se identifica que existe una deficiente aplicación tecnológica en el manejo dentro del sector agropecuario como resultado la optimización, productividad no es adecuada, con problemas de tiempo de empleo que conlleva a la realización de una larga jornada para ejecutar la actividad de limpieza de ganado. La utilización de fumigadora con mochila manual representa un problema general para la limpieza de ganado, con uso de esfuerzo físico, exposición de químicos y el proceso resulta prolongado para realizar la tarea.

OBJETO DE ESTUDIO

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar y optimizar el proceso de limpieza del ganado, el cual actualmente se realiza de forma manual mediante fumigadoras tipo mochila, lo que implica esfuerzo físico para el operario y prolonga el tiempo de ejecución. Para ello, se propone el diseño e implementación de un sistema semiautomático basado en arcos de aspersión, que será instalado en un corral. Este sistema busca automatizar el proceso de higienización, mejorando su eficiencia

En el sector La Concordia de la comunidad de la Crisanto Vera se dedican a actividades económicas relacionadas al sector agropecuario, en la que grandes y medianos dueños de fincas trabajan en la ganadería, generalmente en esta actividad los animales necesitan de diversos cuidados, entre ellos, la limpieza de ganado, la aplicación de un sistema semiautomático benéfica al sector, que puede resultar en la instalación de otras fincas en sus cercanías o en el alquiler del sistema, se considera novedad tecnológica ante la falta de aplicaciones tecnológicas por la zona que ayuda en la optimización de tiempos, reduce el esfuerzo físico, requiere de menos personal y vela por el bienestar del ganado.

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La tecnología se ha convertido en un aliado clave para el desarrollo del sector productivo en Ecuador, su incorporación en el ámbito ganadero representa un paso fundamental hacia la modernización de los procesos productivos y el desarrollo sostenible del sector rural.

El proceso de limpieza del ganado se realiza, en muchos casos, mediante fumigadoras de mochila manuales, lo cual implica un alto esfuerzo físico para el operario, largos tiempos de ejecución y una exposición directa a productos químicos que pueden afectar su salud. Esta situación, sumada a la baja tecnificación del sector, evidencia la necesidad de implementar soluciones prácticas, seguras y eficientes.

Ante esta situación, surge la necesidad de implementar un sistema semiautomático que utilice aspersores activados mediante sensores, con el fin de optimizar el tiempo de limpieza, reducir la exposición directa del operario a sustancias químicas y eliminar la necesidad de esfuerzo físico continuo. Esta solución busca mejorar las condiciones de trabajo, aumentar la eficiencia del proceso y contribuir al bienestar tanto del trabajador como del ganado.

Esta propuesta tecnológica permitirá optimizar el proceso de higiene del animal, reducir significativamente el tiempo requerido para su ejecución y disminuir los riesgos asociados al esfuerzo físico y a la exposición química. Al automatizar el proceso, se contribuye a mejorar el bienestar del ganado, ya que se evita la manipulación excesiva durante la limpieza, se reduce el estrés animal y se garantiza un lavado más uniforme y eficiente. La implementación de un sistema semiautomático de limpieza con sensores y control de acceso del ganado podría representar una respuesta eficaz a este problema

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseño y construcción de un sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno en el sector La Concordia

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el método de limpieza en el ganado vacuno mediante la observación de campo y estudio bibliográfico para la selección correcta de alternativas de diseño
- Construir el diseño del sistema mediante cálculos mecatrónicos para el desarrollo óptimo de la implementación del equipo
- Verificar el funcionamiento del sistema mediante pruebas experimentales que determinen su eficiencia en la limpieza de ganado

Hipótesis del proyecto

¿La construcción de un sistema semiautomático de limpieza de ganado, con el funcionamiento con aspersores activados por sensores, permitirá optimizar el proceso de higienización, reduciendo tiempos de ejecución, el esfuerzo físico del operario y su exposición a productos químicos a comparación del método manual?

Alcance del proyecto

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar e implementar un sistema semiautomático para la limpieza del ganado vacuno, con el objetivo de mejorar el proceso actualmente realizado de forma manual. Se espera que, mediante el uso de aspersores activados por sensores, se logre reducir significativamente el tiempo de ejecución del procedimiento, disminuir el esfuerzo físico requerido por el operario y minimizar su exposición a productos químicos.

El resultado esperado es un sistema funcional que automatice parcialmente la tarea de limpieza, haciéndola más eficiente, segura y menos demandante. Para alcanzar estos resultados, se desarrollará un equipo que será instalado en el corral, el cual permitirá regular el flujo del ganado mediante compuertas. El diseño técnico, la programación del sistema, la validación funcional y las pruebas comparativas frente al método tradicional constituirán el método a seguir durante la ejecución del proyecto.

CAPÍTULO 1

Marco Contextual y Teórico

1.1 Introducción

La limpieza del ganado es una práctica rutinaria fundamental dentro del manejo sanitario de los animales, ya que contribuye a mantener su higiene, reducir la carga parasitaria externa y prevenir enfermedades cutáneas o infecciones. Esta actividad, además de mejorar el bienestar animal, incide directamente en la productividad del sistema ganadero y en la calidad de los productos derivados.

Este proyecto se fundamenta en los principios de mecanización agropecuaria, automatización de procesos y bienestar animal, orientados a optimizar tareas operativas mediante el uso de sensores, control de acceso y sistemas de aspersión programados. La adopción de tecnologías apropiadas en este tipo de actividades rutinarias

1.2 Marco teórico

1.2.1 *Antecedentes del proyecto*

En el ámbito ganadero, la implementación de sistemas de aspersión ha demostrado ser una alternativa eficaz para la limpieza y desinfección del ganado. Diversos estudios y desarrollos tecnológicos han evidenciado los beneficios de estos sistemas en términos de eficiencia operativa, reducción del esfuerzo físico del operario y mejora del bienestar animal [1].

La limpieza del ganado es una práctica habitual dentro de las actividades ganaderas, es importante para mantener un adecuado control de parásitos externos como garrapatas y moscas. Para lograrlo, se recomienda realizar tratamientos periódicos mediante baños de aspersión o inmersión utilizando productos químicos específicos. Estos tratamientos pueden aplicarse a través de diferentes métodos, cada uno adaptado a las condiciones del manejo ganadero, con el objetivo de mejorar la salud animal y minimizar la presencia de ectoparásitos [2].

Por ejemplo, el uso de baños de aspersión para el control de parásitos externos en ganado vacuno permite una aplicación más uniforme de soluciones antiparasitarias, mejorando la salud del ganado y reduciendo las pérdidas económicas asociadas a infestaciones parasitarias.

El control de ectoparásitos es esencial para preservar la salud y el bienestar del ganado, ya que la presencia de estos parásitos representa un riesgo importante de transmisión de enfermedades y puede generar pérdidas económicas significativas. Ante esta problemática, se encuentran soluciones como los baños de aspersión, que consisten en la aplicación de soluciones líquidas mediante rociadores o aspersores, permitiendo un control efectivo de los ectoparásitos. Existen diversos métodos de aplicación, entre los cuales se destacan el método de aspersión tradicional y el método de aspersión autónomo, cada uno adaptado a las necesidades y condiciones del manejo ganadero [3].

Un método adicional utilizado para el control de ectoparásitos es el baño por inmersión, que consiste en sumergir completamente al animal en una solución química durante un lapso aproximado de 15 segundos. Durante este tiempo, se busca asegurar que toda la superficie corporal del ganado quede cubierta por el producto. Para que el proceso sea efectivo, es necesario disponer de un espacio lo suficientemente amplio que facilite la inmersión total del animal y garantice un manejo seguro durante el procedimiento [4].

A pesar de la disponibilidad de distintos métodos para la limpieza del ganado, existen causas comunes que pueden conducir al fracaso de estas técnicas. Entre las más frecuentes se encuentran: instalaciones deficientes, personal insuficiente, ubicación inadecuada del área de baño, preparación deficiente del proceso de limpieza e intervalos incorrectos entre las aplicaciones. Estos factores afectan la efectividad del tratamiento, reduciendo su impacto en el control de ectoparásitos y comprometiendo la salud del ganado [5].

Estos antecedentes respaldan la propuesta de implementar un sistema semiautomático de limpieza mediante arcos de aspersión activados por sensores, adaptado a las condiciones de los pequeños y medianos productores ganaderos en Ecuador, con el objetivo de optimizar el proceso de higiene del ganado y mejorar las condiciones laborales de los operarios

1.2.2 Diseño del proyecto

Según la Figura 1 sigue un proceso que ayuda a cumplir con los objetivos para lograr el funcionamiento y optimización del sistema. Cada etapa del diseño responde a requerimientos específicos del proyecto, siguiendo una secuencia lógica propia de un proceso tecnológico orientado a la generación de una solución práctica mediante un diseño funcional frente a un método tradicional.

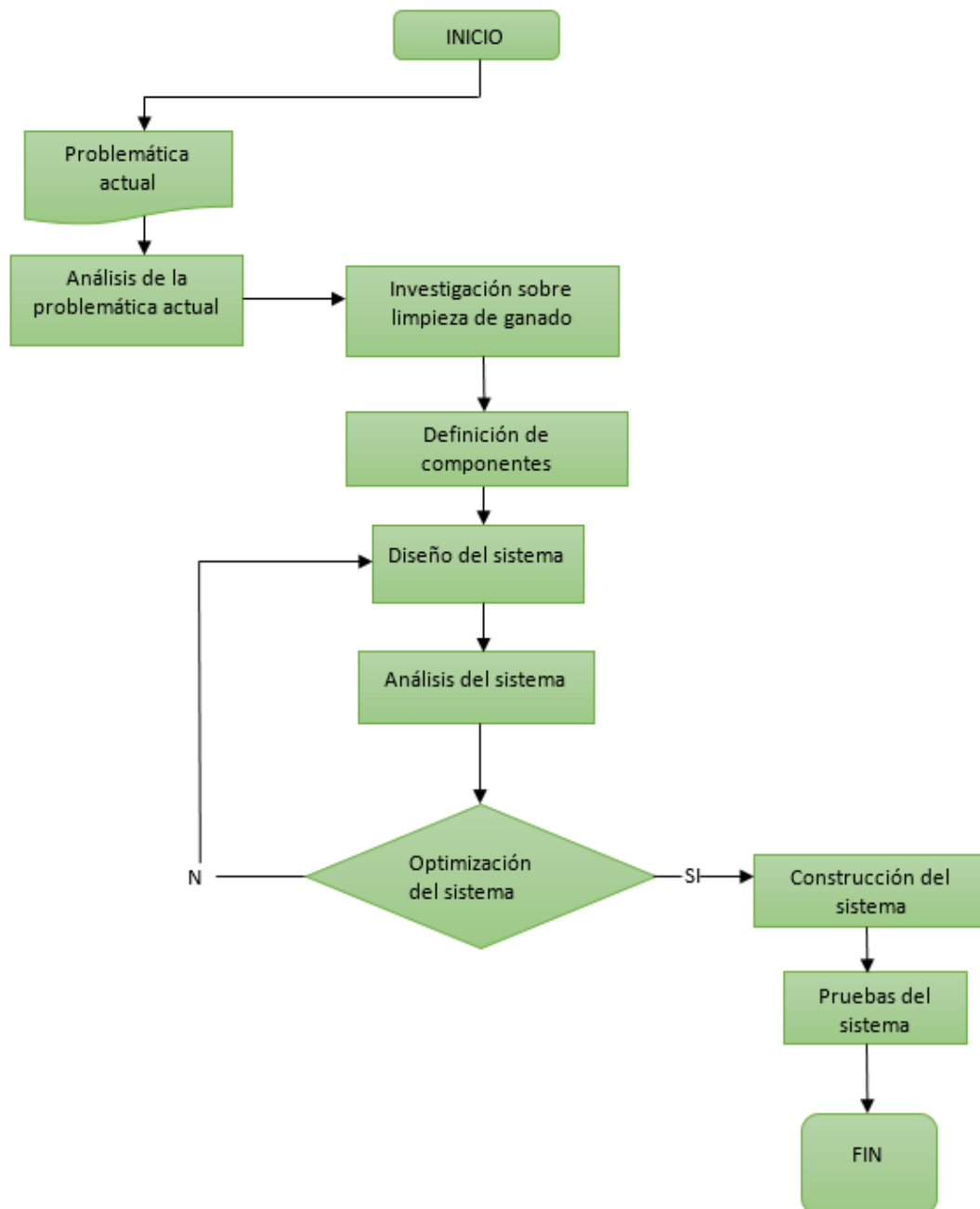


Figura 1. Diseño del proyecto.

Para el diseño del sistema, requiere conocer el espacio físico en el que se encuentran los animales y donde se llevará a cabo el proceso de limpieza. Por esta razón, se considera las dimensiones del corral y del área destinada específicamente para la instalación del sistema de aspersión.

Contar con estas medidas permite definir con precisión la estructura del sistema, incluyendo la ubicación de los aspersores, el paso del ganado, y la altura adecuada de los arcos de aspersión. De tal manera, se asegura que el diseño se adapte correctamente al entorno y que el procedimiento de limpieza se realice de forma eficiente y segura.

Según la Figura 2, se muestra el área destinada al ingreso del ganado para llevar a cabo el proceso de limpieza. Se identifica dimensión del espacio, con un largo de 20 metros y un ancho de 15 metros, que son consideradas como referencia para el diseño y la distribución del sistema de aspersión.

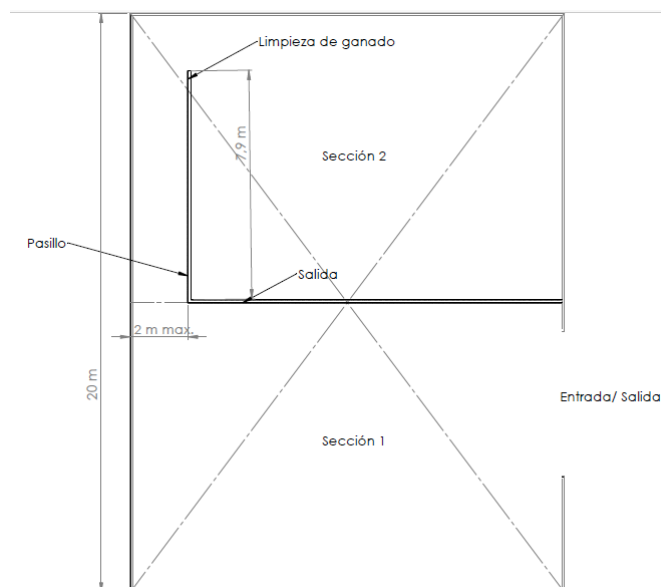


Figura 2. Corral de ganado.

En la Figura 3 se muestra el pasillo por el cual transita el ganado durante el proceso de limpieza. En esta representación se dimensiona la ubicación de los aspersores, considerando las condiciones necesarias para asegurar una cobertura uniforme y eficaz. Esta disposición permite garantizar un proceso de aspersión adecuado

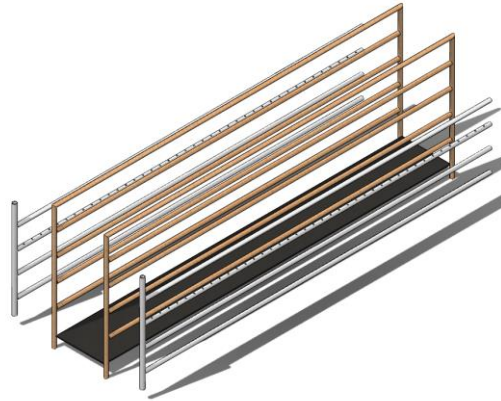


Figura 3. Pasillo para la aspersión de ganado.

1.2.3 Aspectos teóricos fundamentales

El sistema de aspersión se basa en el principio de cobertura uniforme mediante boquillas dispuestas estratégicamente para alcanzar todas las áreas del cuerpo del animal. Esta técnica es ampliamente utilizada en procesos de higienización, ya que permite aplicar soluciones desinfectantes o antiparasitarias de forma homogénea

Se incorpora el uso de sensores de presencia o proximidad, que permiten automatizar la activación del sistema de limpieza sin necesidad de intervención directa del operario. Este principio se apoya en teorías de automatización de procesos, en donde la detección y respuesta se realiza mediante dispositivos electrónicos programables.

Desde el punto de vista del bienestar animal, la automatización y uniformidad del proceso contribuyen a reducir el estrés, ya que evita la manipulación directa del ganado, acorta el tiempo de exposición al procedimiento y mejora la experiencia general del animal durante el proceso de limpieza.

El sistema tradicional de limpieza mediante fumigadoras de mochila manual se considera una opción económica y de fácil implementación en comparación con otros métodos. Requiere un de esfuerzo físico por parte del operario, aunque permite una inspección más detallada de las zonas afectadas del animal, presenta una aplicación no uniforme del producto, esto limita su efectividad en el proceso de limpieza.

El sistema de inmersión permite una cobertura completa del cuerpo del ganado en un tiempo significativamente menor, ofreciendo una aplicación rápida y precisa del producto. Este método puede generar altos niveles de estrés en el animal y su bienestar.

CAPÍTULO 2

Fundamentación Teórica

2.1. Introducción

Para el desarrollo adecuado del proyecto, es importante un enfoque teórico que permita identificar y controlar las variables involucradas. Esta integración entre el análisis técnico y la observación en campo permite alcanzar un equilibrio que favorece tanto la optimización como el funcionamiento eficiente del sistema.

Se debe tener en cuenta el entorno en el que se implementará el sistema, incluyendo el tamaño, la forma y las características estructurales del espacio donde se encuentra el ganado. La definición precisa de las variables relacionadas tanto con los animales como con la infraestructura permite diseñar una solución práctica y técnicamente viable, adaptada a las condiciones reales del proceso de limpieza del ganado.

2.2. Fundamentación de la investigación

En la Figura 4 se presenta el diagrama de Ishikawa, el cual permite identificar de manera estructurada los principales problemas y sus causas asociados al proceso de limpieza del ganado. Este análisis se basa en el contexto actual y orienta el diseño del sistema semiautomático propuesto, facilitando la determinación de los aspectos críticos que deben ser abordados para optimizar dicho proceso

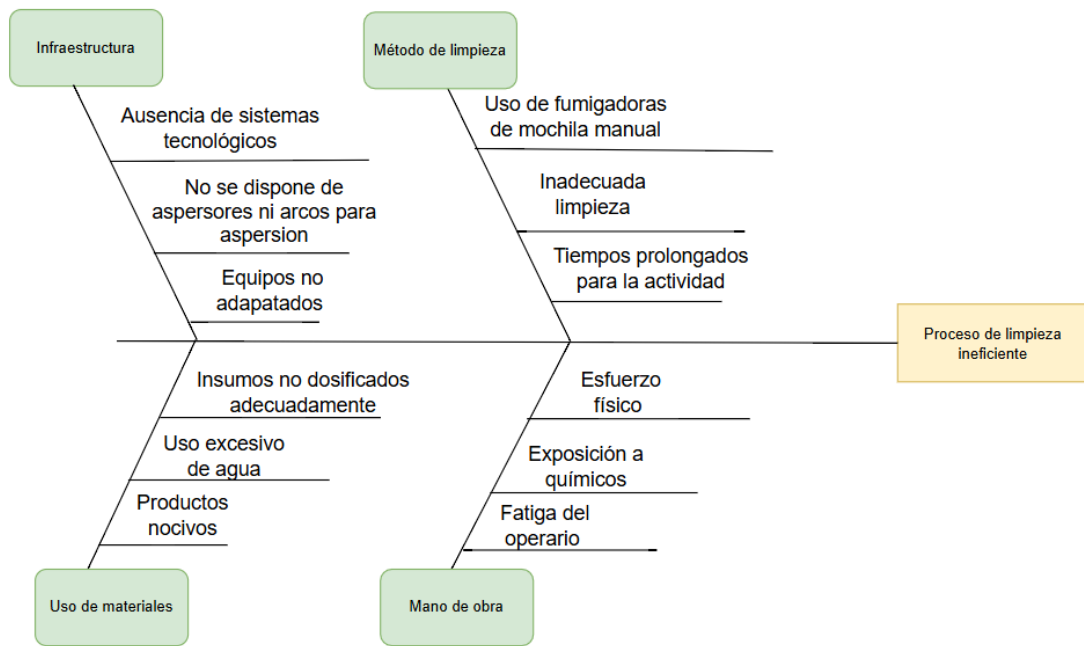


Figura 4. Diagrama de Ishikawa de Causa y Efecto sobre problemas de limpieza de ganado.

2.3. Análisis de alternativas

En el ámbito de la producción pecuaria intensiva, el control de ectoparásitos representa una exigencia sanitaria crítica para garantizar la salud, la eficiencia productiva y la sostenibilidad del sistema ganadero. Para ello, se han implementado distintos métodos de aplicación de agentes antiparasitarios, los cuales se clasifican según su grado de automatización, complejidad estructural y eficiencia operativa.

Desde la perspectiva de la Ingeniería en Mecatrónica, estos sistemas pueden analizarse en función de sus componentes mecánicos, hidráulicos y de control, permitiendo una comprensión detallada de su funcionamiento e integración en procesos productivos automatizados. Los principales métodos son: rociado manual, baño por inmersión, aspersión semiautomática y aspersión automática. A continuación, se detallan las características, ventajas y desventajas de cada opción considerada.

2.3.1. Método manual con fumigadoras tipo mochila

El rociado manual mediante bombas tipo mochila opera bajo un sistema hidráulico básico compuesto por un depósito presurizado, una bomba de accionamiento manual, una manguera de conducción y una boquilla de salida, en la Figura 5 se observa la mochila fumigadora.



Figura 5. Mochila manual fumigadora [1].

El operario genera presión mediante bombeo manual, lo que permite la atomización del líquido insecticida sobre la superficie corporal del animal. Este método exige desplazamiento físico del operario alrededor del bovino para garantizar la cobertura, dependiendo completamente de la destreza humana para lograr una aplicación eficiente y homogénea. Es común en sistemas de producción extensivos y de baja tecnificación [1], en la Tabla 1 se muestra las ventajas y desventajas de la herramienta.

Tabla 1. Fumigadora tipo mochila.

Fumigadora tipo mochila	
Ventajas	Desventajas
Bajo costo de implementación.	Requiere alto esfuerzo físico del operario.
Equipos disponibles y de fácil uso.	Tiempo de aplicación prolongado.
	Riesgo de exposición directa a productos químicos.
	Cobertura de limpieza irregular (posibles zonas mal tratadas).
	Baja eficiencia en grandes volúmenes de animales.

2.3.2. Método por inmersión

El baño por inmersión consiste en el tránsito forzado del animal a través de un canal de concreto o metal, donde se encuentra una solución insecticida diluida. La arquitectura del sistema incluye rampas de ingreso y salida, barandas de contención, y una piscina central con dimensiones que aseguran la inmersión completa del animal hasta el cuello, en la Figura 6 se muestra la preparación del químico colocado dentro del canal.



Figura 6. Método por inmersión [6].

El principio de funcionamiento se basa en la penetración física del fluido sobre la superficie cutánea mediante inmersión directa, asegurando una cobertura uniforme por contacto pasivo. El sistema requiere mantenimiento constante de la concentración química y un volumen hidráulico considerable, por lo que es implementado preferentemente en explotaciones con alto volumen de tratamiento, en la Tabla 2 se muestran las ventajas y desventajas del método [6]

Tabla 2. Método por inmersión.

Método por inmersión	
Ventajas	Desventajas
Eficiente para grandes cantidades de ganado.	Genera alto nivel de estrés en los animales.
Tiempo de limpieza reducido	Riesgo de lesiones o ahogamiento si no se controla adecuadamente.
	Requiere construcción de infraestructura costosa.
	Alto consumo de agua.
	Poco adaptable a pequeños productores.

2.3.3. Método por aspersión semiautomático

El sistema de aspersión semiautomática emplea una estructura fija provista de múltiples boquillas de aspersión montadas en tuberías de distribución. Estas boquillas están conectadas a un sistema de bombeo que mantiene una presión hidráulica constante, en la Figura 7 se observa la implementación de un dispositivo con el método de aspersión.



Figura 7. Método por aspersión semiautomático [6].

El flujo es activado por el operario al momento en que el animal ingresa en el área de tratamiento. La disposición de las boquillas en ángulos específicos y a diferentes alturas permitiendo cubrir lateral, dorsal y ventralmente al animal mediante una pulverización controlada. Este sistema requiere una calibración precisa del caudal, la presión y el tiempo de exposición, para garantizar la eficacia del proceso con el mínimo desperdicio del producto, en la Tabla 3 se muestran las ventajas y desventajas del método [8].

Tabla 3. Método por aspersión.

Método por aspersión semiautomático	
Ventajas	Desventajas
El operario no está expuesto directamente a productos químicos	Requiere de conocimientos sobre manejo
Reducción significativa del tiempo de aplicación.	Indispensable supervisión del operario
No requiere esfuerzo físico continuo del operario.	
Costo moderado y accesible	
Cobertura uniforme del cuerpo del animal.	

2.3.4. Método por aspersión automático

El sistema de aspersión automática integra componentes mecatrónicos que permiten la automatización total del proceso de aplicación. El sistema está compuesto por arcos o túneles estructurales que albergan múltiples boquillas distribuidas estratégicamente, sensores fotoeléctricos o de presencia para la detección del animal, y un controlador lógico programable (PLC) que gestiona la secuencia de aspersión.

Cuando el animal atraviesa la zona de tratamiento, el sistema activa automáticamente el circuito hidráulico mediante electroválvulas, permitiendo la pulverización del líquido insecticida en un ciclo de tiempo predeterminado. Este tipo de sistema optimiza el recurso químico, minimiza la intervención humana, y puede ser integrado con sistemas de identificación animal (como RFID) para un tratamiento individualizado y trazable, en la Tabla 4 se muestran las ventajas y desventajas del método por aspersión automático [7].

Tabla 4. Método por aspersión automático.

Método por aspersión automático	
Ventajas	Desventajas
Máxima eficiencia operativa	Alto costo de inversión inicial.
Tiempo de aplicación muy reducido	Requiere infraestructura completamente tecnificada.
El ganado no es sometido a manipulación directa	Mayor complejidad técnica mantenimiento especializado.
Cero exposiciones del operario.	

Tras evaluar las diferentes opciones, se concluye que la alternativa más viable para mejorar el proceso de limpieza del ganado es el método por aspersión semiautomático. Esta opción ofrece un equilibrio adecuado entre eficiencia operativa, bienestar animal, reducción del esfuerzo físico del operario y viabilidad económica

Su implementación no requiere infraestructura costosa ni personal altamente capacitada, lo que la convierte en una solución accesible, segura y sostenible a largo plazo. Por ello, se considera que el sistema semiautomático de limpieza es el más adecuado para responder a la problemática identificada y alcanzar los objetivos planteados en este proyecto.

2.4. Cuadros comparativos de Selección de alternativas

En la Tabla 5 se presenta las equivalencias del análisis comparativo de alternativas, en el cual se evalúa el nivel de impacto de cada opción según criterios técnicos, operativos y funcionales. Este método de selección permite identificar la alternativa más viable para optimizar el proceso de limpieza del ganado y cumplir con los objetivos planteados en el proyecto, se calificará a través de métodos cuantitativos donde los números entre 1-2 se considera costoso, malo, bajo. Los números del 2-3 se considera cualidades como media y regular, y por último los números entre 3-5 se relaciona con los términos buenos, excelente, perfecto, alto.

Tabla 5. Tabla comparativa en selección de alternativa.

Criterio	Equivalencia de indicadores		
	1-2	2-3	3-5
1 Costo	Bajo	Alto	Moderado
2 Reducción de esfuerzo físico	Bajo	Medio	Alta
3 Tiempo de aplicación	Alto	Medio	Bajo
4 Exposición a químicos	Alta	Media	Baja

Como se muestra en la Tabla 6, se identifica la alternativa más recomendable y óptima para su aplicación, ya que presenta el mejor desempeño en función de los criterios evaluados. Esta opción representa la solución más adecuada para mejorar el proceso y facilitar su implementación en el contexto propuesto.

Tabla 6. Puntaje en la asignación de alternativas.

Criterio	Método manual	Método por inmersión	Método semiautomático	Método automático
1 Costo	5	2	4	1
2 Reducción de esfuerzo físico	2	3	4	5
3 Tiempo de aplicación	1	3	4	5
4 Exposición a químicos	1	3	5	5
Total	9	11	17	16
Orden de selección	45 %	55 %	85 %	80 %

Al evaluar la selección de alternativas del proceso viable ayuda en una solución hacia el proyecto es el método por aspersion semiautomática, debido a que en la Tabla 6 obtuvo el mayor porcentaje de 85%, un 5% más que la alternativa de un proceso automatizado, determinando así su selección para su futuro diseño y construcción, siendo esta la opción más equilibrada y adecuada según su eficiencia operativa, bienestar del animal y reducción de esfuerzo físico.

2.5. Modalidad de la investigación

La presente investigación corresponde a una modalidad tecnológica, aplicada y experimental, ya que se orienta a la construcción de una solución práctica basada en conocimientos técnicos, con el propósito de resolver una problemática real del entorno ganadero.

Como proyecto de aplicación tecnológica, contempla el diseño y desarrollo de un sistema semiautomático de limpieza para ganado vacuno, a través de una secuencia estructurada que incluye:

- Diagnóstico del problema actual mediante observación directa en campo
- La revisión bibliográfica para sustentar la propuesta
- El diseño y construcción del sistema físico funcional
- La evaluación de su desempeño comparativo frente al método tradicional de limpieza

Esta modalidad experimental permite validar la eficiencia, seguridad y aplicabilidad del sistema desarrollado, bajo condiciones controladas y medibles. Aplica conocimientos en automatización, bienestar animal y procesos agropecuarios, con el que mejora la eficiencia operativa y reduce el esfuerzo físico del operario en el contexto de la limpieza del ganado.

Metodología cuantitativa

El método cuantitativo se basa en la recolección de datos numéricos, lo que permite medir fenómenos, identificar patrones y establecer relaciones entre las variables involucradas en el sistema de limpieza de ganado. A través de este enfoque, se podrá validar la hipótesis planteada y realizar predicciones sobre el comportamiento y eficiencia del sistema en condiciones reales de operación.

La aplicación del método cuantitativo se realizará a través de diversas mediciones, entre ellas el tiempo de paso de cada animal por el sistema de aspersión. En el método actual, basado en el uso de fumigadoras manuales, la limpieza se realiza simultáneamente a seis vacas ubicadas en un brete, el cual se cierra tanto en la parte frontal como posterior para controlar el movimiento de los animales. Este procedimiento tiene una duración aproximada de 10 minutos para atender a las seis vacas, lo que permite calcular el tiempo promedio de limpieza por animal en el sistema tradicional.

Se cuantificará el volumen de agua utilizado tanto en el sistema actual como en el sistema propuesto. En el método manual vigente, se emplean aproximadamente 20 litros de agua para la limpieza de 14 vacas, dato que servirá como referencia para comparar la eficiencia hídrica entre ambos métodos.

Se analiza y compara el tiempo total requerido para la limpieza del ganado entre el sistema manual y el sistema semiautomático. En el método tradicional, utilizando fumigadoras manuales, la limpieza de 50 vacas demanda aproximadamente 3 horas de trabajo continuo, lo que servirá como referencia para evaluar la eficiencia del sistema propuesto.

Metodología de campo

La ejecución del proyecto se encuentra ubicada en el sector de La Concordia, donde se evalúa el procedimiento tradicional de limpieza del ganado, que se realiza mediante fumigadoras de mochila manual. Durante este proceso se registra tiempos de operación, la cantidad de animales atendidos y el volumen de agua mezclado con el producto químico utilizado.

Asimismo, se realiza un levantamiento de medidas del corral, cuyos resultados se presentan en la Figura 8. El área de trabajo corresponde a un espacio de 15 metros de ancho por 20 metros de largo, mientras que el pasillo destinado para la aspersión presenta una sección de 1 metro de ancho por 8 metros de largo, adecuado para el tránsito controlado de los animales.

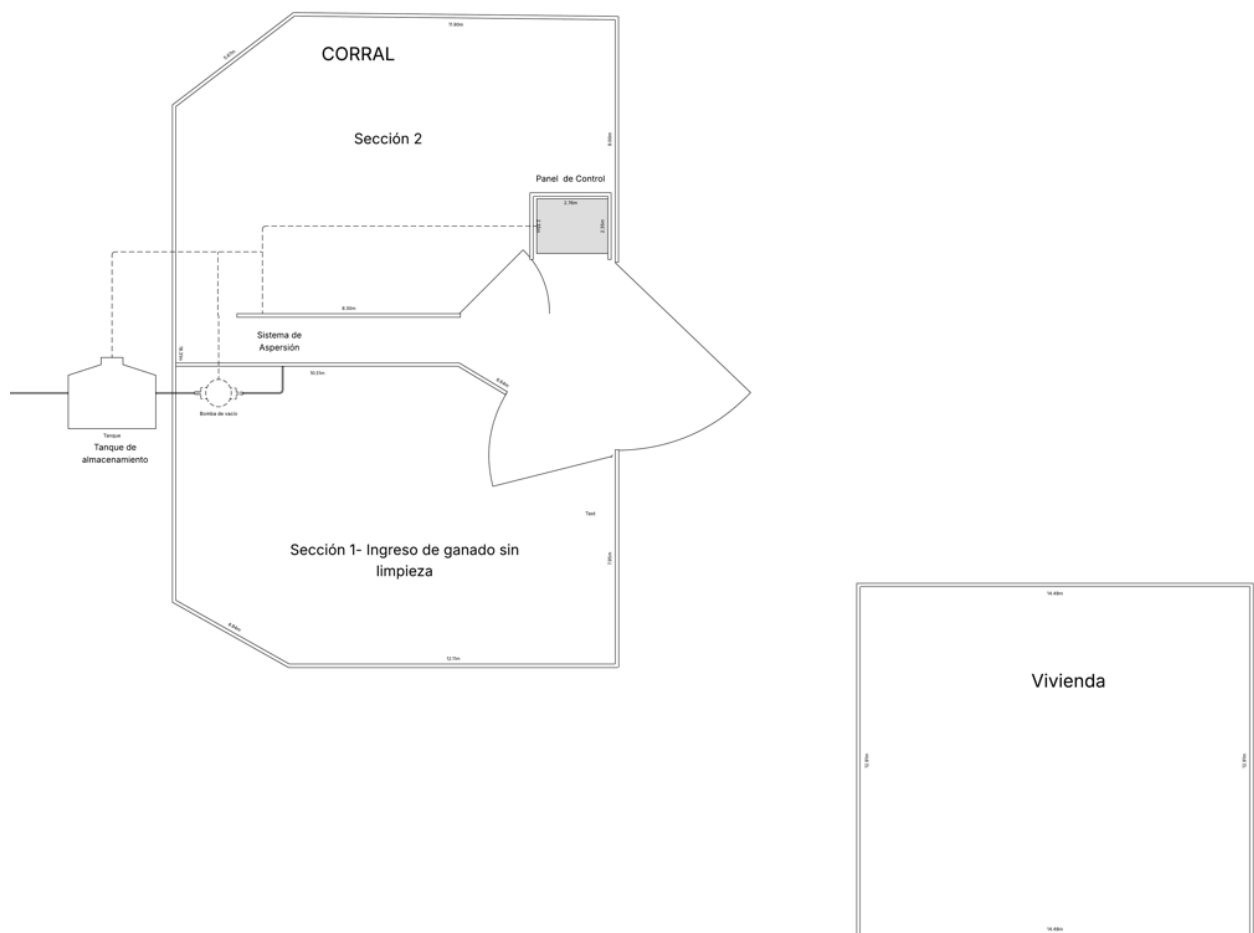


Figura 8. Layout del sistema

Adicionalmente, se define la ubicación del panel de control y del tanque de almacenamiento, considerando que el acceso a los servicios de agua y energía eléctrica se encuentra a una distancia aproximada de 15 metros, lo que facilita el funcionamiento eficiente del sistema.

Según lo representado en la Figura 9, se establece el funcionamiento general del sistema, identificando los componentes necesarios para asegurar que el proceso cumpla con los requerimientos de optimización. Esta definición de elementos permite anticipar y prevenir posibles complicaciones futuras, garantizando un desempeño eficiente y continuo del sistema.

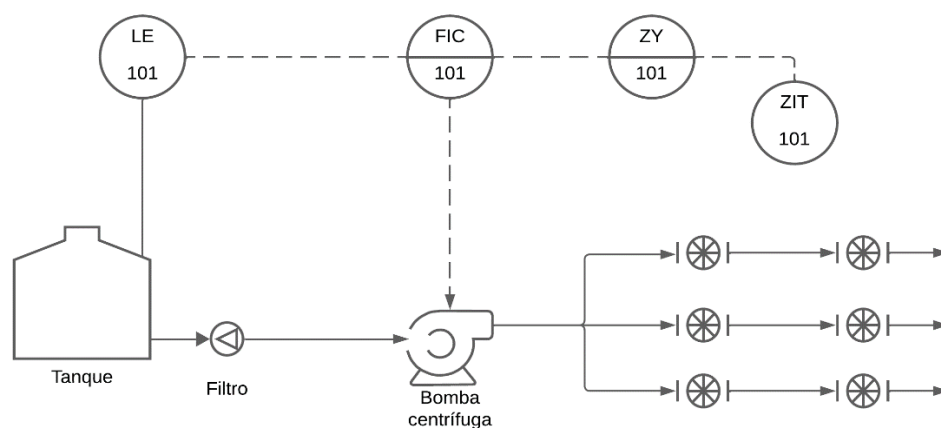


Figura 9. P&ID del sistema de limpieza de ganado.

En la Tabla 7, se presenta la designación de instrumentos y función de control mediante código de letras funcionales, conforma a la norma ISA. El instrumento etiquetado como ZIT corresponde a un sensor de presencia, que transmite señal a un relé ZY, el cual manda otra señal al FIC (Controlador de Flujo). De manera similar, el sensor de nivel se Identifica como LE, transmite el valor de nivel al controlador que se etiqueta como FIC. La lógica de control se configura de forma que la bomba centrífuga se activa únicamente cuando, LE y ZIT, se encuentran en estado de activación.

Tabla 7. Código de identificación funciona P&ID.

Código	Significado	Uso
LE	Sensor de nivel	Detecta el valor del nivel
ZY	Relé de posición	Manda una señal al controlador
FIC	Controlador Indicador de Flujo	Ejecuta acción de activación del flujo
ZIT	Transmisor indicador de posición	Detecta posición

Metodología Bibliográfica

El método bibliográfico permite realizar un análisis comparativo entre el sistema tradicional y el sistema semiautomático de limpieza, utilizando información existente proveniente de fuentes confiables. A través de la revisión de documentos técnicos, normas estandarizadas y antecedentes relacionados, se analizan y comparan las características de ambos sistemas, lo que facilita la determinación de los componentes necesarios y la evaluación de la optimización del funcionamiento del sistema en relación con los objetivos del proyecto.

Metodología Experimental

La metodología experimental utilizada en este proyecto consiste en comparar el desempeño del método tradicional de limpieza de ganado con el sistema semiautomático propuesto. Para ello, se realiza la instalación y puesta en funcionamiento del nuevo sistema, lo que permite la recolección de datos y la medición de variables clave relacionadas con su operación. A partir del análisis de estos datos, se busca controlar los factores relevantes del proceso y validar la hipótesis planteada, demostrando la eficiencia y efectividad del sistema semiautomático en comparación con el método convencional.

2.6. Operacionalización de las variables

Se identifican variables clave que permiten comprender y controlar el funcionamiento del sistema, facilitando su correcta operación y contribuyendo a la optimización del proceso de limpieza del ganado. Estas variables son fundamentales para garantizar una aplicación uniforme y eficiente del sistema de aspersión.

Según la Tabla 8, el control adecuado de estos parámetros permite asegurar un proceso automatizado eficaz, minimizando errores y mejorando la calidad del procedimiento de limpieza.

Tabla 8. Variable independiente.

Variable independiente	Tipo	Indicador	Técnica de medición
Raza	Cualitativa	Girolando	Tamaño, peso
Químico desparasitante	Cuantitativo	Cantidad mililitros	ml
Tubería	Cuantitativo	Cantidad de litros	Caudal
Tamaño del corral	Cuantitativo	Construcción de estructura	Metros
Boquillas de aspersión	Cuantitativo	Cantidad por vaca para limpieza	Presión
Uso de tecnologías	Cuantitativo	Activación sensores	Verificación de funcionamiento
Sistema eléctrico	Cuantitativo	Activación del sistema	Potencia

En la Tabla 9, se muestra las variables a controlar que permiten la optimización del sistema como controlar errores que se ejecutan durante la realización de la actividad.

Tabla 9. Variable dependiente.

Variable dependiente	Tipo	Indicador	Técnica de medición
Exposición de líquidos del operador	Cualitativo	Frecuencia de contacto	Observación
Esfuerzo físico del operario	Cualitativo	Escala de esfuerzo percibido	Encuesta
Tiempo de limpieza	Cualitativo	Minutos por animal	Cronometro, observación
Forma de aspersión	Cualitativo	Angulo de aspersión	Observación de aspersión uniforme
Flujo y presión de la aspersión	Cualitativo	Cantidad de líquido por animal	Observación

2.7. Técnicas e instrumentos

Es importante conocer las dimensiones morfológicas del ganado, a través de mediciones en campo y revisión bibliográfica, para garantizar una correcta aplicación del sistema de aspersión. Esta información permite ajustar el diseño de la estructura, optimizando la limpieza individual y colectiva de los animales, así como definir los parámetros operativos del sistema.

En la Figura 10 se ilustran los aspectos clave considerados para el diseño: altura y ancho promedio del ganado, raza, género y dimensiones del paso. Estos datos permiten determinar la altura adecuada de los aspersores, su ubicación estratégica dentro del sistema, así como el ángulo de aspersión necesario para asegurar una cobertura uniforme durante el proceso de limpieza.



Figura 10. Ganado Girolando.

Al comprender las dimensiones del ganado y las condiciones del entorno, es posible establecer los parámetros básicos que determinan el funcionamiento del sistema desde un enfoque cualitativo, como el recorrido del animal, la posición de los aspersores y la lógica de activación. A partir de ello, se procede a definir los aspectos cuantitativos, tales como tiempos de activación, ángulos de aspersión y altura de instalación, que permiten optimizar el rendimiento del sistema.

El sistema operará mediante sensores que detectarán el ingreso de cada animal a través de una compuerta. Una vez registrado el paso, se activarán automáticamente los aspersores durante un periodo de tiempo predeterminado, repitiendo el proceso de forma secuencial hasta completar la limpieza del último ejemplar. Esta automatización permitirá reducir la carga física del operario, minimizar su exposición a productos químicos y disminuir significativamente el tiempo requerido para el procedimiento, el cual actualmente se ejecuta de forma manual cada quince días.

Para la caracterización del ganado para el diseño del sistema es fundamental considerar las características morfológicas del tipo de ganado que será atendido. A través de observación directa en campo y revisión bibliográfica, se determinó que el ganado presente en la finca objeto de estudio corresponde principalmente a la raza Girolando. Esta raza se distingue por su pelaje salpicado negro, blanco con manchas rojas o completamente negro. En cuanto a sus dimensiones, se reporta una alzada promedio de 140 [cm] en hembras y 150 [cm] en machos, con pesos que oscilan entre 450 [kg] en hembras adultas y 750 [kg] en machos adultos [8].

Con base en esta información, se realizaron mediciones de campo en la finca, en las cuales se constató que las hembras evaluadas presentan una altura aproximada de 150 [cm], lo cual fue considerado como referencia para establecer las dimensiones estructurales de los arcos de aspersión y la ubicación de los dispositivos que conforman el sistema de limpieza.

Para calcular un promedio adecuado en la disposición de los aspersores, es necesario conocer las dimensiones promedio del ganado según su raza. Para ello, se aplican técnicas estadísticas que permiten establecer valores representativos [9], considerando las mediciones realizadas en campo:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i/n \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

- \bar{x} =Media
- x_i = Cada uno de los valores medidos
- n = Número de mediciones

$$\text{Rango} = \text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo} \quad (\text{Ec.2})$$

La fórmula (2) permite verificar la variabilidad de las mediciones y determinar de manera precisa las posiciones óptimas para la ubicación de los aspersores









2.7.1. *Aspersor*

Un aspersor es un dispositivo diseñado para pulverizar y distribuir líquidos, como agua o soluciones químicas, en forma de gotas finas sobre una superficie. En el sistema de limpieza de ganado, su función principal es garantizar una cobertura uniforme del líquido sobre el cuerpo de los animales, asegurando una aplicación eficiente y completa del tratamiento [10].

2.7.2. *Boquilla*

Para lograr una estandarización en la aplicación de productos químicos durante el proceso de limpieza, se utilizan boquillas codificadas por colores, las cuales indican la cantidad de líquido descargado por minuto. Cada color corresponde a un estándar de caudal específico, facilitando así la selección adecuada del aspersor según las necesidades del sistema. Esta codificación puede observarse en la Figura 11.

Estándar de color en boquillas aspersoras

Color	Descarga en galones por minuto
 Naranja	0.1
 Verde	0.15
 Amarilla	0.2
 Azul	0.3
 Roja	0.4
 Café	0.5
 Gris	0.6
 Blanca	0.8

(Spraying Systems Co., 2014.)

Figura 11. Boquillas estándar de aspersión [11].

Por esta razón, la capacidad de flujo de un fluido en el sistema de aspersión varía en función del tipo de boquilla utilizada. Esto permite establecer la relación existente entre el caudal y la presión dentro del sistema de aspersión [12], la cual puede ser expresada mediante la siguiente fórmula (3):

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^n \quad (\text{Ec.3})$$

Donde:

- **Q**= Caudal o flujo de líquido (gpm)
- **P**= Presión del líquido (psi)
- **N**= Exponente que depende del tipo de boquilla y patrón de aspersión

Esto permite determinar el tipo de aspersión que debe aplicarse, estimar el caudal de agua que saldrá a través de la boquilla y definir tanto el tamaño de la bomba como la cantidad de agua necesaria para el sistema. Cabe destacar que, dado que el líquido utilizado no es agua pura, es una mezcla de agua con productos químicos como Garrakill y Biorbos, es necesario considerar su influencia en el flujo.

Según lo representado en la formula (4), se puede identificar si el líquido es más denso o liviano que el agua, lo cual provocará una disminución o aumento en el caudal de salida [12].

$$Q_2 = Q_1(\text{agua}) \times \frac{1}{\sqrt{SG}} \quad (\text{Ec.4})$$

Donde:

- **Q₁**= Flujo de agua a cierta presión (gmp)
- **Q₂**=Flujo del líquido real(gpm)
- **SG**= gravedad específica

Se puede determinar la cobertura teórica, entendida como el ancho del chorro de aspersión al alcanzar una determinada distancia. Este valor permite establecer qué área del cuerpo del ganado será cubierta durante el proceso de limpieza. Para ello, es importante considerar que la aspersión genera un cono de distribución, como se observa en la Figura 12. A partir del ángulo de aspersión y de la distancia entre la boquilla y el objetivo, y aplicando principios de trigonometría básica, es posible calcular la cobertura teórica, según se expresa en la fórmula (Ec. 5) [13].

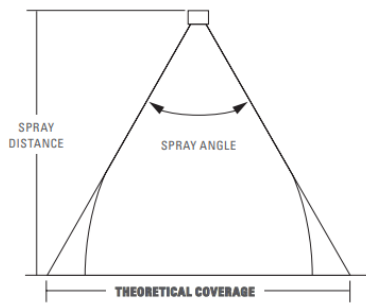


Figura 12. Forma de aspersión [12].

$$\text{Cobertura} = 2 \times (\text{Distancia}) \times \tan \left(\frac{\text{Ángulo}}{2} \right) \quad (\text{Ec.5})$$

La fórmula (5) permite calcular la cobertura de aspersión en función del ángulo de pulverización y de la distancia o altura desde la boquilla hasta la superficie objetivo.

2.7.3. *Tubería de Polietileno*

La manguera de polietileno (PE) es ideal debido a una combinación de factores técnicos y prácticos que lo convierten en un material confiable, accesible y duradero. Su uso está ampliamente extendido en la agricultura, ganadería y sistemas de riego gracias a su resistencia y versatilidad, en la Figura 13 se muestra este tipo de manguera:



Figura 13. Manguera de polietileno.

El polietileno en su versión de alta densidad (PEAD), ofrece una resistencia a la presión de hasta 10 [bar] y al mismo tiempo se mantiene liviano y flexible, lo que facilita su transporte e instalación, incluso en terrenos irregulares [14].

Entre las propiedades más destacadas de la manguera de PE están:

- Alta resistencia química: Soporta productos como insecticidas, fertilizantes y desinfectantes sin degradarse ni agrietarse con el tiempo.
- Buena flexibilidad: Permite curvas cerradas sin necesidad de muchos codos, simplificando el montaje del sistema.
- Resistencia UV y a la intemperie: Con aditivos adecuados, puede estar expuesta al sol y al clima por años sin perder sus propiedades.
- Peso ligero: Fácil de manipular y no requiere estructuras reforzadas para sostenerla.
- Compatibilidad universal: Se conecta fácilmente con válvulas, bombas y accesorios estándar sin herramientas especiales.
- Durabilidad: Puede tener una vida útil de entre 10 y 50 años dependiendo del uso y cuidado [14].

Comparada con otros materiales como PVC o caucho, la manguera de PE destaca por ser más resistente al desgaste continuo, menos propensa a obstrucciones internas y más liviana. Además, su precio por metro es competitivo, lo que la hace ideal para sistemas rurales a un bajo costo [15].

La manguera de polietileno cumple con los requisitos técnicos necesarios para operar en condiciones exigentes, también representa una solución económica, práctica y duradera para sistemas que requieren transporte confiable de fluidos.

La fórmula para determinar el diámetro interior del tubo sería:

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot Q}}{\pi \cdot v} \quad (\text{Ec.6})$$

Donde:

- **Q** = Caudal [m^3/s]
- **D** = Diámetro [m]
- **V** = Velocidad [m/s]

Fórmula para determinar el caudal generado por la tubería [16]:

$$Q = A \times v \quad (\text{Ec.7})$$

Donde:

- **Q**= Caudal [gpm]
- **A**=área de la sección de tubería [m²]
- **v**=velocidad del flujo [m/s]

$$A = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (\text{Ec.8})$$

2.7.4. Bomba periférica monofásica

En el desarrollo de un sistema semiautomático de lavado de ganado vacuno, la elección de la unidad de bombeo puede marcar la diferencia entre un proceso ágil y uno complejo. La bomba periférica emerge como una opción sorprendentemente versátil y amigable tanto para el operario como para el entorno rural en que se implementará. A diferencia de las grandes bombas multietapa o de los equipos de diafragma, la regenerativa o periférica combina un tamaño compacto con una sorprendente capacidad para generar la presión necesaria sin complicar el panorama eléctrico ni el montaje mecánico.

Su funcionamiento, aunque elegante en términos de ingeniería, se aprecia con facilidad en la práctica: un impulsor con pequeños álabes gira dentro de una carcasa anular provista de canales diminutos. Cada vez que el impulsor subvierte una porción de líquido, éste recircula alrededor de la periferia, sumando energía de forma paulatina hasta lograr presiones que, de otro modo, exigirían etapas adicionales o impulsores de gran diámetro. Esta característica no solo reduce la complejidad del diseño, sino que también disminuye el riesgo de averías por obstrucciones o cargas demasiado elevadas [17].

Cuando se imagina el trabajo diario en una finca, se valora que la bomba no exija demasiado espacio ni un andamiaje pesado. Colocarla al lado del tanque de reserva es sencillo, pues su huella es pequeña y su peso moderado.

De esta forma se evita largas tuberías de succión que, con cada metro de más, restan rendimiento y obligan a calcular cuidadosamente las pérdidas por fricción. Además, al estar diseñada para operar con alimentación monofásica (110–220 V), basta una toma convencional o un pequeño generador portátil para mantenerla en marcha, incluso en lugares donde la red eléctrica titubea, en la Figura 14 se muestra varias bombas periféricas [18].



Figura 14. Bomba periférica [19].

Podría pensarse que una bomba tan accesible no soportaría el trajín de la limpieza ganadera, con detergentes o desinfectantes diluidos. Sin embargo, los fabricantes suelen emplear materiales robustos, hierro fundido, bronce o polímeros técnicos reforzados— que resisten la acción química de estos líquidos, siempre que los sólidos en suspensión estén filtrados. Con un mantenimiento preventivo básico, limpieza del prefiltro, revisión del sello mecánico y una ligera lubricación, la máquina seguirá funcionando sin sorpresas durante largos periodos.

En términos de rendimiento, la bomba periférica alcanza elevaciones de hasta 40 metros de columna de agua y mantiene caudales de 20 a 35 L/min. Esto la hace ideal para alimentar varias boquillas de aspersión sin demasiadas fluctuaciones de presión, de forma que el operario experimente un chorro parejo y constante mientras baña al ganado. Al no requerir variadores de frecuencia para estabilizar el bombeo, el sistema resulta más sencillo y económico de instalar, lo que se traduce en un menor desembolso inicial y menos puntos de falla a futuro.

Más allá de sus ventajas técnicas, la bomba periférica aporta tranquilidad al usuario. Su instalación es intuitiva, el servicio de repuestos es común en ferreterías locales y la curva de aprendizaje para operar o mantenerla es muy corta.

En consecuencia, no solo se optimizan los recursos como: energía, tiempo y presupuesto, sino que también se empodera al trabajador rural, quien puede concentrarse en la salud y el bienestar de los animales en lugar de en complejas configuraciones hidráulicas [20].

La fórmula para determinar la potencia de la bomba es:

$$W = \frac{Q * P}{n * 600} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde:

- **Q** = Caudal [l/m]
- **P** = Presión [bar]
- **n** = eficiencia de la bomba
- **W**= Potencia hidráulica neta [KW].

2.7.5. Sensor de presencia

El sensor de proximidad infrarrojo reflexivo tipo E18-D80K que combina con características como, un detector de luz infrarroja que identifica entidades a distancia mediante la emisión y reflexión de radiación térmica. Su alcance de sensibilidad es variable entre 3 [cm] y 80 [cm] mediante un ajuste de resistencia, facilitando la configuración de la separación para la identificación de vida o enseres en el espacio requerido [21].

Este detector presenta una latencia inferior a 2 ms, asegurando una detección veloz y exacta para desencadenar mecanismos como la irrigación en el momento óptimo. La salida es una señal digital tipo NPN normalmente abierta (NO), compatible con microcontroladores y PLC, facilitando su integración en sistemas de control automatizados. La señal de salida se activa al detectar por la presencia de un objeto. La señal de salida cambia a GND al detectar un objeto y permanece en VCC cuando no hay detección, en la Figura 15 se muestra el sensor infrarrojo [21].



Figura 15. Sensor infrarrojo E18-D80NK [19].

Funciona con una alimentación de 5 [V] DC, necesitando hasta 20 [mA] y soportando una carga de salida máxima de 100 [mA]. Además, este sensor infrarrojo cuenta con un led que indica su activación, facilitando su calibración y la verificación de su funcionamiento [22].

Este detector es comúnmente empleado en robótica móvil y en la automatización de la industria para la identificación de obstáculos y la contabilización de componentes, siendo óptimo para usos que demandan detección sin contacto y una respuesta inmediata. El detector E18-D80NK es un instrumento ajustable de luz infrarroja que proporciona una medición exacta y eficiente, con salida digital apta para automatización [22].

2.7.6. Verificación de materiales en la construcción de corral

Se trabaja con caña, un material comúnmente utilizado en la construcción de diversas estructuras, debido a su abundancia en la zona, bajo costo y adecuadas propiedades físicas. Por estas características, se emplea como componente estructural del corral. Para evaluar su desempeño y determinar su viabilidad estructural, se aplica la fórmula de deflexión, permitiendo analizar su comportamiento ante cargas aplicadas [23].

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde:

- δ = Deflexión
- q =Carga uniforme distribuida (N/m)
- L =Distancia (m)
- E =Módulo de elasticidad del material (N/m²)
- I = momento de inercia de la sección (m⁴)

2.7.7. Sensor de Nivel

El sensor de nivel por flotador magnético funciona como su nombre lo indica, con un flotador, el cual se desplaza con el nivel del líquido que se encuentra almacenado y activa un interruptor de lámina magnética (reed switch) alojado en un tubo guía. Este mecanismo cierra o abre un circuito eléctrico sin contacto físico directo con el fluido, lo que garantiza una operación confiable y sin desgaste mecánico. Los materiales de fabricación suelen ser PVC, polipropileno (PP) o acero inoxidable 316, seleccionados según la resistencia química requerida para el tipo de líquido, haciendo a este sensor especialmente adecuado para ambientes corrosivos como los productos químicos de rociado [22].

Estos sensores operan normalmente con voltajes de 5, 12 o 24[V] DC, con una corriente nominal máxima de 0.5 [A], lo que brinda una mayor facilidad de uso con controladores, relés, PLCs o microcontroladores. Su instalación puede realizarse tanto en la parte superior como latera del tanque, facilitando su integración dentro del diseño, generando distintas configuraciones posibles, en la Figura 16 se muestra el funcionamiento del sensor [22].

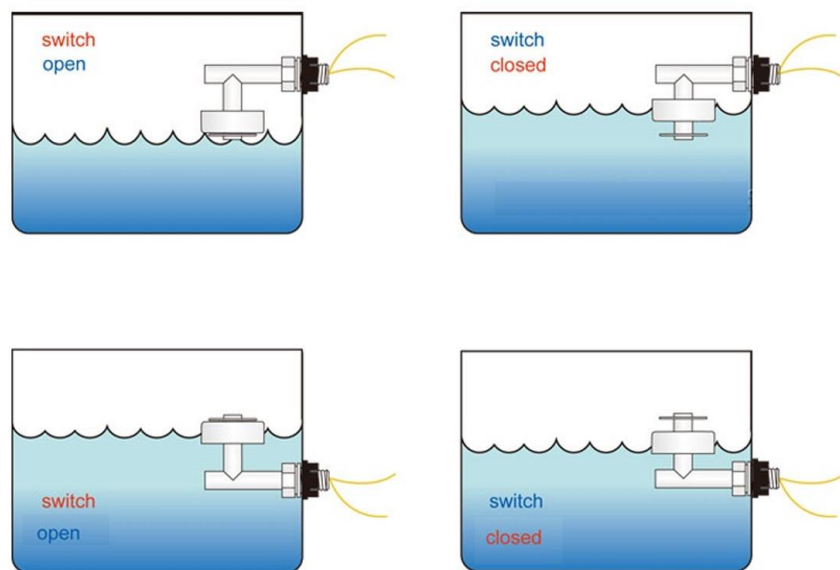


Figura 16. Sensor de nivel por flotador [20].

La justificación técnica para el uso de un sensor de nivel por flotador magnético radica en su simplicidad, alta confiabilidad y costo. Al no tener partes electrónicas complejas en contacto con el líquido, no requieren calibración y presentan una larga vida útil, brindando ventajas para realizar un futuro mantenimiento preventivo. Tanto por su facilidad de uso como su gran fiabilidad, lo que los convierte en una solución práctica para sistemas industriales.

También ofrecen compatibilidad eléctrica con las fuentes de alimentación comunes en bombas y sistemas de control, permitiendo activar alarmas o detener bombas para evitar daños por niveles bajos, mejorando la seguridad operativa [22].

2.7.8. *Controlador*

Los Controladores Lógicos Programables, por sus siglas en inglés, PLC, son ampliamente utilizados en diversas industrias para el control y automatización de máquinas. Están diseñados para gestionar múltiples señales de entrada y salida, operar en amplios rangos de temperatura, y ofrecer alta inmunidad al ruido eléctrico, así como resistencia a vibraciones e impactos mecánicos [24].

Uno de los modelos más utilizados en el sector industrial es el PLC, Panasonic, el cual se define como un módulo lógico inteligente. Este dispositivo permite el control eficiente de varias salidas mediante la programación de múltiples entradas, facilitando la automatización de procesos de forma flexible y confiable, en la Figura 17 se observa el PLC Panasonic AFP0RC16P [25].



Figura 17. PLC Panasonic AFP0RC16P [26].

El controlador se considera según el proceso que funciona el sistema y al ser robusto como económico con software libre, permite que sea confiable. Por lo tanto, las siguientes especificaciones del PLC se muestran en la Tabla 10:

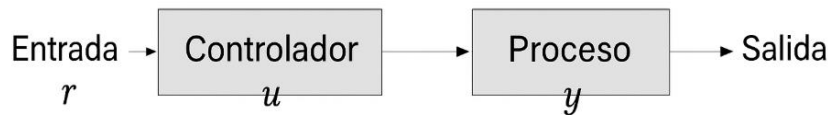
Tabla 10. Especificaciones PLC Panasonic [26].

Detalle	Especificación
Numero de I/O	16 puntos (8 entradas, 8 salidas)
Registro de datos	12.315 palabras
Voltaje	24V DC
Rango de operación de voltaje	20.4 a 28.8 V DC
Temperatura de funcionamiento	0 a 55 °C
Corriente nominal	2.6mA approx.

2.7.9. Tipo de control

El sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno entra en la definición de un sistema de control digital en lazo abierto, debido a que las variables de entrada y salida del PLC son digitales, al momento de realizar la limpieza no existe un mecanismo, sensor que preste una retroalimentación al controlador.

El accionamiento del dispositivo se basa en la evaluación de condiciones lógicas, como la presencia de un animal, el nivel de líquido en el tanque y el modo de operación seleccionado, en la Figura 18 se muestra el lazo abierto del sistema.



Sistema en lazo abierto

Figura 18. Tipo de sistema.

CAPÍTULO 3

Análisis e Interpretación de la Implementación

3.1. Introducción

Se analiza los componentes adecuados para el funcionamiento del sistema semiautomático, los cálculos que permite evaluar su eficiencia y compatibilidad con las condiciones operativas. Este análisis busca garantizar un desempeño óptimo durante el desarrollo de la actividad de limpieza. Además, se compara las características y limitaciones del método tradicional con el comportamiento previsto del nuevo sistema, con el fin de justificar las mejoras propuestas y asegurar su viabilidad técnica.

3.2. Descripción de la situación actual

En la situación actual, el proceso de limpieza se realiza mediante un método manual que exige un alto esfuerzo físico por parte del operario, implica exposición a productos químicos y requiere un tiempo prolongado para completar la actividad.

Para mejorar estas condiciones, se desarrolla un sistema semiautomático, donde el diseño exige realizar cálculos para determinar los componentes necesarios y asegurar su correcto funcionamiento.

Se trasladada el corral a un nuevo espacio, donde se efectuaron cálculos estructurales para evaluar los esfuerzos que soportará y determinar el tipo de junta adecuado y de bajo costo para su construcción. Esto se debe a que el antiguo corral como se observa en la Figura 19 presenta deficiencias en su diseño y funcionamiento, ya que el ganado debe desplazarse entre secciones de manera poco eficiente.



Figura 19. Corral de ganado donde se realiza la limpieza de ganado.

Como se observa en la Figura 20, el nuevo diseño del corral permite optimizar el tránsito de los animales y asegurar un funcionamiento adecuado que complemente el sistema de aspersión semiautomático.

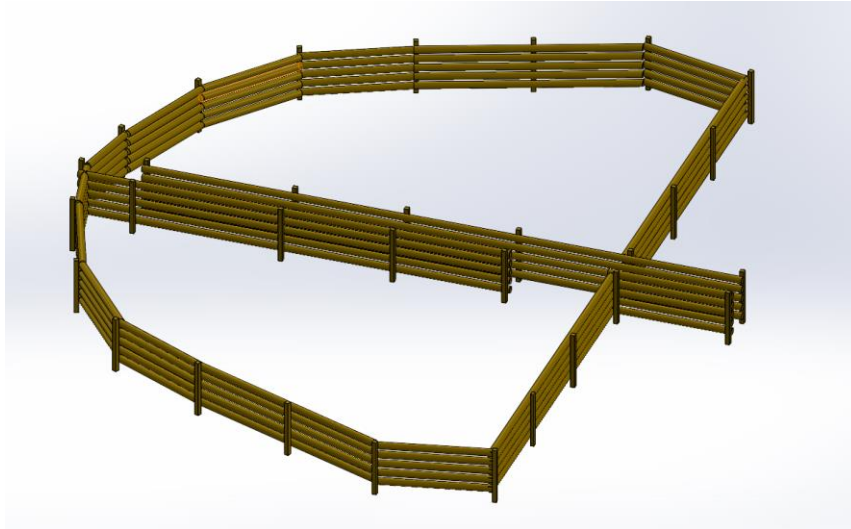


Figura 20. Diseño del corral de ganado.

El corral consta de dos secciones: en la primera, las vacas ingresan y, una vez dentro, se cierra la puerta principal. Posteriormente, se abre una compuerta central donde se encuentran ubicados los aspersores. Tras completar el proceso de limpieza, el ganado se dirige hacia la segunda sección, destinada a los animales ya higienizados.

Se determina la presión y el caudal necesario para la aspersión, considerando que es importante utilizar presiones adecuadas para el manejo de ganado sin causar daños en la piel. Las presiones recomendadas para evitar lesiones en el ganado son entre 20 y 70 psi.

Es necesario establecer el ángulo de aplicación óptimo, ya que influye directamente en el área de limpieza. Para este propósito, se considera un ángulo de entre 52° y 105° , el cual, según el tipo de aspersión utilizada, según se observa en la Figura 21 proporciona una cobertura adecuada que facilita una limpieza eficiente sin comprometer el bienestar del animal.

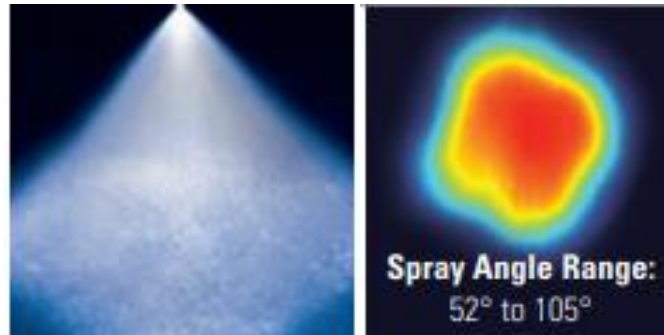


Figura 21. Aspersión tipo full Cono [12].

Con este dato, es posible determinar la distancia de aspersión óptima, considerando el ángulo y el caudal, para garantizar que toda el área de cobertura sea cubierta de manera eficiente.

3.3. Cálculos y Selección del corral

Se define la sección del corral y se establece el diseño ideal de su construcción conforme a los cálculos realizados. Para determinar la distancia óptima entre los postes de soporte, se aplicó la fórmula de deflexión de una viga, que permite calcular la separación adecuada en función de las cargas y materiales seleccionados. Por lo tanto, para calcular la deflexión con la Ec. 10:

Para el momento de inercia

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (\text{Ec.11})$$

Donde el diámetro de la caña es de $d=0.15\text{m}$

$$I = \frac{\pi \cdot (0.15)^4}{64}$$

$$I = 2.4850 \times 10^{-5} \text{m}^4$$

Para calcular la deflexión máxima

$$\delta = \frac{5 \cdot 600 \cdot (3)^4}{384 \cdot (12 \times 10^9) \cdot (2.4850 \times 10^{-5})}$$

$$\delta = 2.1221 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$\delta = 2.1221 \text{mm}$$

Para una separación de 3 metros entre postes, la deflexión calculada en el material es de aproximadamente 2.12 mm, lo cual se encuentra dentro de los límites permisibles y confirma que el material resiste adecuadamente.

3.3.1 Cálculo de número de vueltas para la unión utilizando alambre galvanizado

Para verificar si la junta entre la caña y los postes es adecuada, se evalúa los esfuerzos generados en la unión este por debajo de los valores máximos admisibles para el alambre, asegurando así la eficiencia y seguridad de la conexión.

Para determinar el tipo de junta adecuada en el corral, se establece la utilización de alambre galvanizado como elemento de junta para el corral de ganado.

Con este objetivo, se calcula el esfuerzo cortante en el alambre, lo cual permite identificar y evaluar el empuje máximo que puede ejercer el ganado sobre la estructura, garantizando así la resistencia y estabilidad de la unión.

Donde la fórmula de esfuerzo cortante:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (\text{Ec.12})$$

- τ = Esfuerzo cortante (N/m²)
- F = Fuerza (N)
- A = Área sobre la que actúa ese esfuerzo (m²)

Para calcular la fuerza que actúa sobre la junta, se considera el peso máximo de una vaca, estimado en 600 kg, lo que equivale a una fuerza de 5880 N.

El área de la sección transversal del alambre N° 8 (Ø 4.06 mm) se determina previamente.

A continuación, se aplica la siguiente fórmula:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \cdot (4.06 \times 10^{-3})^2}{4}$$

$$A = 1.29 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Entonces con la Ec. 12:

$$\tau = \frac{5880 \text{ N}}{1.29 \times 10^{-5} \text{ m}^2}$$

$$\tau = 454 \text{ Mpa}$$

Se determina que, con una sola vuelta de alambre N° 8, el esfuerzo cortante alcanzaría aproximadamente 1074 MPa, superando la resistencia típica del alambre, que varía entre 250 y 350 MPa.

Por lo tanto, es necesario dividir la carga entre varias vueltas para que el esfuerzo por vuelta se reduzca y se mantenga dentro de los límites de resistencia.

$$Fs = \frac{250 \text{ Mpa}}{\frac{454 \text{ Mpa}}{8}} = 4.40$$

El factor de seguridad obtenido indica que, con 8 vueltas de alambre en la unión, la conexión es capaz de resistir el empuje ejercido por el ganado al acercarse, lo que confirma que el diseño es óptimo y seguro.

Se entiende que, si las vueltas del alambre se aplican de manera uniforme y con una tensión adecuada, la carga se distribuirá equitativamente entre ellas, reduciendo proporcionalmente el esfuerzo en cada vuelta.

3.4. Cálculos y Selección del sistema de aspersión

Para el sistema de aspersión, se calcula la cobertura de aspersión con el fin de determinar el número de aspersores horizontales y verticales necesarios.

3.4.1 Cobertura de aspersión de la boquilla

Para la aplicación de aspersión en la limpieza del ganado, el ángulo de apertura de la boquilla debe encontrarse dentro del rango mostrado en la Figura 21, el cual varía entre 52° y 100°. Para una mayor cobertura y eficiencia en la limpieza, se recomienda utilizar el ángulo máximo de 100°.

La cobertura de aspersión, en función del ángulo de la boquilla, se determina aplicando la fórmula 5.

$$\text{Cobertura} = 2 \times 25x \tan\left(\frac{100^\circ}{2}\right)$$

$$\text{Cobertura} \approx 60 \text{ cm}$$

3.4.2 Cálculo de aspersores horizontales

El largo promedio de una vaca es de aproximadamente 166 cm, mientras que la cobertura de aspersión alcanzada es de 60 cm. Se determina el número de boquillas que da de cobertura aplicando con la siguiente ecuación.

$$\text{Número de aspersores} = \frac{\text{Largo de la vaca}}{\text{Cobertura de aspersión}}$$

$$\text{Número de aspersores} = \frac{166\text{cm}}{60\text{cm}}$$

$$\text{Número de aspersores} \approx 3$$

Como se observa en la Figura 22 es necesario 3 aspersores horizontales para garantizar una adecuada cobertura.

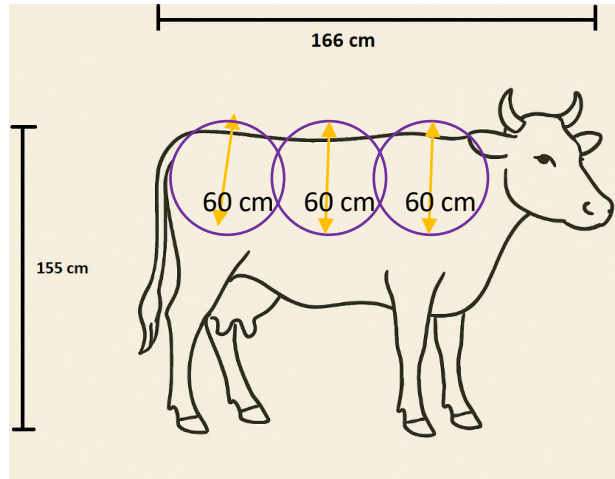


Figura 22. Cobertura de Boquillas Horizontales.

3.4.3 Cálculo de aspersores verticales

Para determinar el número de boquillas necesarias para lograr la cobertura vertical, se divide la altura del ganado entre la cobertura vertical proporcionada por la boquilla seleccionada, según sus especificaciones.

$$\text{Número de aspersores en vertical} = \frac{\text{Altura de la vaca}}{\text{Cobertura de aspersión}}$$

$$\text{Número de aspersores en vertical} = \frac{155 \text{ cm}}{60 \text{ cm}}$$

$$\text{Número de aspersores en vertical} \approx 2$$

Como se observa en la Figura 23 es necesario de 2 filas para garantizar una cobertura adecuada.

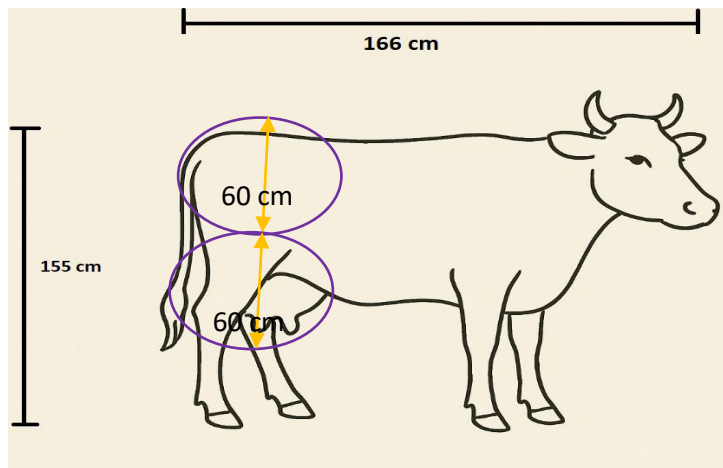


Figura 23. Cobertura de aspersores verticales.

Por lo tanto, para lograr una cobertura vertical adecuada, se deben utilizar dos filas de aspersores. Considerando también la longitud del animal, se requieren tres columnas, lo que da un total de 6 aspersores por lateral, como se observa en la Figura 24.

Como el sistema debe cubrir ambos lados del ganado, se necesitan 12 aspersores en total para los laterales.

Adicionalmente, se incorporan 3 aspersores en la parte inferior, con orientación ascendente para garantizar una limpieza completa.

En consecuencia, se requiere un total de 15 aspersores por unidad de limpieza.

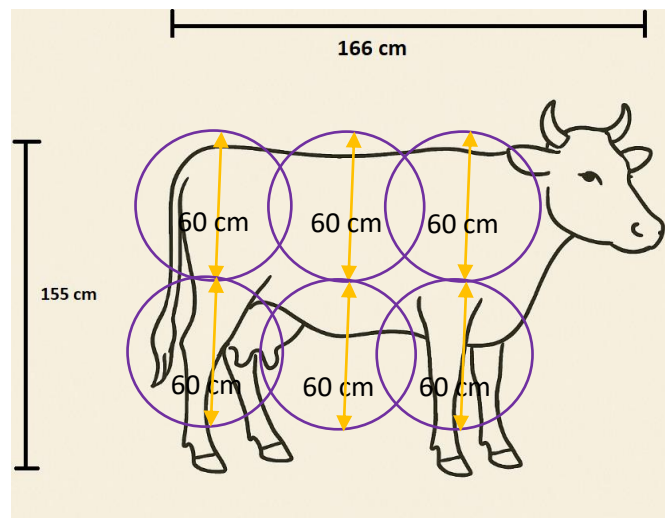


Figura 24. Cobertura de aspersores en lateral.

Se debe operar con una presión máxima de 70 psi para evitar posibles efectos adversos en los animales. Asimismo, la descarga por boquilla no debe superar los 0.2 galones por minuto. En función de estos parámetros, se determina el caudal total requerido para el sistema.

$$Q_{total} = N \times Q_b$$

$$Q_{total} = 14 \times 0.78 \text{ [L/min]}$$

$$Q_{total} = 10.92 \text{ [L/min]}$$

3.5. Características de los aspersores

Se determina la presión de salida con el fin de verificar si la aspersion es adecuada para el ganado. Para ello, se aplica la ecuación (Ec. 3), que relaciona el caudal con la presión de operación.

- Caudal deseado por boquilla: 0.78 L/min
- Presión máxima recomendada para la boquilla: 60 psi
- Presión máxima entregada por el motor: 70 psi
- Exponente de relación (n): 0.4

Dado que el motor opera a una presión de hasta 70 psi, se analiza si, al aplicar esta presión, el caudal resultante sigue siendo adecuado para el proceso de limpieza sin afectar al animal.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^n$$

$$Q_2 = 0.78(l/min) \left(\frac{70}{60}\right)^{0.4}$$

$$Q_2 = 0.829 [L/min]$$

Es importante conocer el flujo real del líquido utilizado, al no tratarse de agua pura, su densidad puede ser ligeramente mayor, lo que podría afectar el desempeño del sistema de aspersión. Esto ocurre especialmente si el producto químico, como el Garrakill, tiene una densidad mayor al agua.

Por esta razón, mediante la Ecuación 4, se evalúa si es necesario ajustar el diseño de las tuberías para asegurar un desempeño óptimo.

- Caudal de referencia (Q₁): 0.78 L/min
- Gravedad específica del líquido (SG): 1.05 (cuando se usa el producto puro).

Cuando se diluye en agua, la SG se aproxima a la del agua, reduciendo su efecto.

Entonces según la Ec. 4:

$$Q_2 = Q_1(\text{agua}) \times \frac{1}{\sqrt{SG}}$$

$$Q_2 = 0.78 (l/min) \times \frac{1}{\sqrt{1.05}}$$

$$Q_2 = 0.76 (l/min)$$

Dado que la gravedad específica es muy cercana a 1 (la del agua), se concluye que el tendrá un funcionamiento similar al agua. Por tanto, es adecuado dimensionar el sistema como si circulara agua, sin necesidad de ajustes mayores.

3.6. Cálculos y Selección de la bomba

Con las bases de diseño sobre la cantidad de boquillas, el caudal y presión necesarias para la construcción y el correcto desempeño de la bomba, es necesario encontrar un actuador que cumpla con las siguientes características: un caudal igual o ligeramente mayor a 10.92[L/min], una presión entre 50 y 70 [Psi] y para su facilidad de instalación en el lugar que su tipo de alimentación sea monofásica o bifásica, delimitando estas características para la bomba a implementar, se facilita su cotización y compra.

Mediante el uso de la Ec 9 se determina la potencia de esta según las variables hidráulicas y la eficiencia de la bomba

$$W = \frac{11.97 \left[\frac{l}{min} \right] * 4.83 [Bar]}{0.7 * 600}$$

$$W = 0.13 [KW]$$

Realizando la conversión a caballos de fuerza se obtiene $\frac{1}{4}$ [Hp], se utiliza esta medida debido a que en el área comercial es más usado esta valoración de la potencia. El caudal necesario estaría sobredimensionado.

Con estas características se realiza la búsqueda del motor más cercano en el mercado ecuatoriano, el motor seleccionado es de $\frac{1}{2}$ Hp, con un costo de \$56, en la Figura 25 se observa la bomba a implementar



Figura 25. Bomba seleccionada.

3.7. Cálculos y Selección de la Tubería

La tubería es un factor muy importante debido a que esta estará sometida a la corrosión natural del ambiente en el cual se va a construir el dispositivo y la mezcla química antiparasitaria que se utiliza en el ganado vacuno, por estas razones se selecciona como materia a utilizar en las tuberías al PE el cual cumple con las características necesarias para un correcto desempeño, con el uso de la variable del caudal que es de 0.000182 [m³/s] necesario para el buen funcionamiento del sistema, y con la Tabla 11 de velocidades del líquido, se calcula el diámetro de la tubería a implementar en el dispositivo [18].

Tabla 11. Velocidad típica según el sistema [18] .

Tipo de sistema	Velocidad típica [m/s]
Líneas de distribución pequeñas	0.6 – 1.5
Sistemas de riego por aspersión	1.5 – 3.0
Sistemas de bombeo a presión moderada	1.0 – 2.5
Descarga rápida o líneas cortas	Hasta 4.0

Mediante el uso de la Ec. 6 se calcula el diámetro de la tubería

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot Q}}{\pi \cdot v}$$

$$D = \frac{\sqrt{4 \cdot 0.000182}}{\pi \cdot 1.5}$$

$$D = 12.4 [mm]$$

Debido a que en el mercado es más común encontrar tuberías en el sistema imperial, se utilizara una tubería de ½ pulgada.

3.8. Cálculos y selección de elementos eléctricos

En esta sección se detalla los fundamentos técnicos en el proceso de cálculo y selección de los elementos eléctricos utilizados en el sistema semiautomático de lavado de ganado vacuno. Dado que este proyecto será implementado en una zona rural del Ecuador, se consideraron condiciones particulares como la distancia entre la fuente de alimentación y el tablero principal, las variaciones de voltaje características de la red local, la accesibilidad a repuestos, y la necesidad de asegurar una instalación segura, eficiente y de bajo costo.

3.8.1 Selección del calibre

Para realizar este cálculo es necesario obtener la variable de la corriente que será suministrada a la bomba para su funcionamiento. La carga principal corresponde a un motor monofásico de 1 [HP], el cual, según su placa y en base a una eficiencia estimada del 85 % y un factor de potencia de 0.7, demanda una corriente aproximada de 6 [A].

Dado que la instalación se realizará en una zona rural, se consideraron tres posibles distancias desde la fuente eléctrica al tablero (50 m, 70 m y 100 m). Utilizando la Tabla 8 del Capítulo 9 del NEC 2017, que proporciona la resistencia del conductor de cobre a 75 °C, y la fórmula de caída de tensión [27]:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot R}{1000} \quad (\text{Ec.13})$$

Donde:

- L = Longitud
- I = Intensidad de corriente
- R = resistividad del material
- ΔV = Variación de voltaje

Se calcula que para mantener una caída de tensión menor al 3% (≈ 6.6 V), el calibre mínimo recomendado del conductor es el siguiente:

- 50 m: 4 mm² (equivalente a 12 AWG)
- 70 m: 6 mm² (equivalente a 10 AWG)
- 100 m: 10 mm² (equivalente a 8 AWG)

En la Figura 26 se muestra los diferentes calibres.

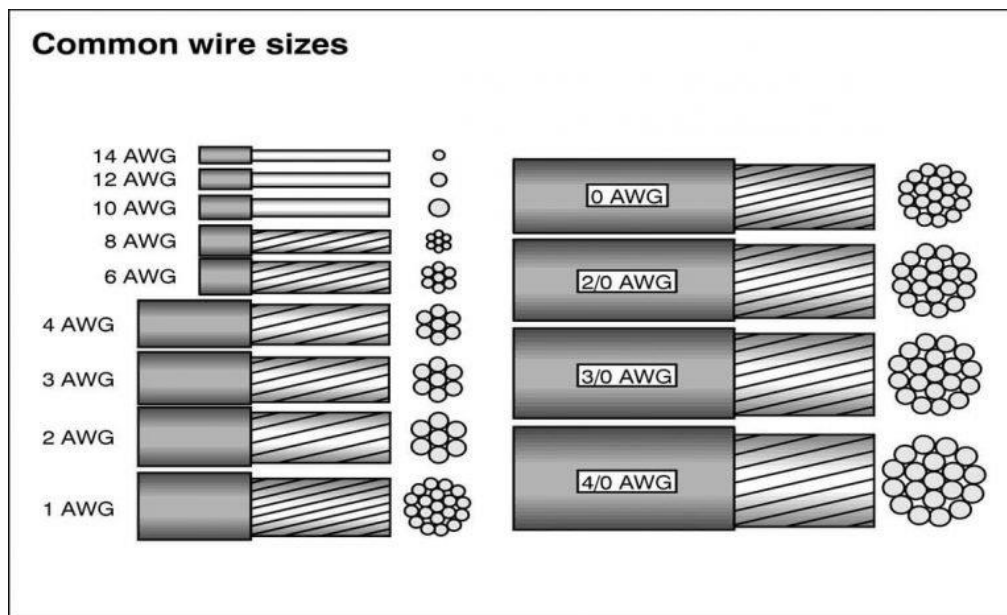


Figura 26. Lista de cables AWG [21].

Por lo tanto, para estandarizar y reducir el riesgo de sobredimensionamiento en campo, se selecciona el calibre 10 AWG como mínimo, para garantizar una correcta alimentación hasta los 70 m. Este dato puede verificarse en la Tabla 310.15(B)(16) del NEC 2017, donde se detalla la capacidad de corriente para cada calibre de conductor [27].

3.8.2 Selección del interruptor termomagnético

La selección del interruptor termomagnético se realiza considerando la corriente nominal del motor y el tipo de carga que representa. Para el motor de 1 HP con una corriente estimada de 6 [A], y considerando que este dispositivo puede tener picos de arranque hasta 6 veces su corriente nominal.

Se selecciona un interruptor termomagnético bipolar de 10 [A] tipo C, el cual es capaz de soportar las corrientes de arranque sin dispararse indebidamente, y cumple con los requisitos establecidos en el artículo 430.52 del NEC 2017 para protección de motores. Este interruptor protege contra sobrecargas leves y cortocircuitos, en la Figura 27 se observa un interruptor termomagnético [27].



Figura 27. Interrupor termomagnético ABB [27].

3.8.3 Selección del guardamotor

Este dispositivo protege al motor ante sobrecargas prolongadas, evitando daños en su bobinado. Con base en la corriente nominal de 6 [A], se selecciona un guardamotor que cubra el rango de 4 a 6.3 [A], como lo establece el artículo 430.32(A)(1) del NEC 2017, que indica que la protección debe estar entre el 115 a 125 % de la corriente nominal del motor. Se recomienda utilizar modelos con ajuste manual y rearme térmico, en la Figura 28 se observa un guardamotor [27].



Figura 28. Guardamotor ABB [27].

3.8.4 Selección del contactor

Para el control de la etapa de potencia se selecciona un contactor de 9 [A] con bobina a 220 [V] CA. Este elemento permite que la señal de activación desde el Arduino, a través de un relé intermedio, pueda controlar la bomba sin que la electrónica de control esté expuesta a las corrientes de potencia.

El valor de 9 [A] se escoge conforme a la categoría de utilización AC3, según la Tabla 430.248 del NEC 2017, la cual establece la corriente de línea para motores monofásicos, En la Figura 29 se muestra el contactor [27].



Figura 29. Contactor ABB [28].

3.8.5 *Paro de emergencia*

El botón de paro de emergencia fue ubicado en el circuito de control de la bobina del contactor. Esto asegura que, en caso de activación, se interrumpa el control de potencia a la bomba de manera directa, incluso si el PLC falla. Esta disposición cumple con lo exigido en la norma IEC 60204-1, la cual establece que los paros de emergencia deben cortar la energía del actuador de manera segura e independiente del sistema de control lógico.

3.8.6 *Pendant box*

Para una fácil manipulación de activación manual y un sencillo acceso al paro de emergencia se optó por utilizar un pendant box, el cual estará compuesto por dos botones.

El botón de activación para el proceso manual y el paro de emergencia, a continuación, en la Figura 30 se muestra el pendant box a utilizar.



Figura 30. Pendant box.

3.8.7 Esquema eléctrico

En el esquema eléctrico se toma en cuenta las dos entradas de datos que serían la señal del sensor de presencia y la señal del sensor de nivel, al tratarse de datos digitales, estos solo pueden tomar valores de 0 o 1, en otras palabras, es una señal de 2 estados ON/OFF, si la entrada de los dos sensores esta activa se concreta la activación de la bomba

Una vez que ambos sensores indiquen su estado ON, se podrá activar el actuador, el cual mediante los rociadores pulverizara el químico garrapaticida diluido, esparciendo de manera uniforme sobre el ganado vacuno.

El proceso de rociado tendrá una duración aproximada de 5-10 segundos, el valor final del tiempo que el ganado vacuno deberá estar dentro del túnel será corregido de acuerdo con la eficiencia y eficacia de las pruebas.

El dispositivo también contara con una operación manual, donde un switch dará la orden al PLC entre el modo semiautomático y manual, en la cual participara la señal de nivel para evitar que el operario utilice la bomba sin liquido suficiente en el tanque, y una señal de un botón que estará en un pendan cerca del operario, en la Figura 31 se observan las conexiones al PLC.

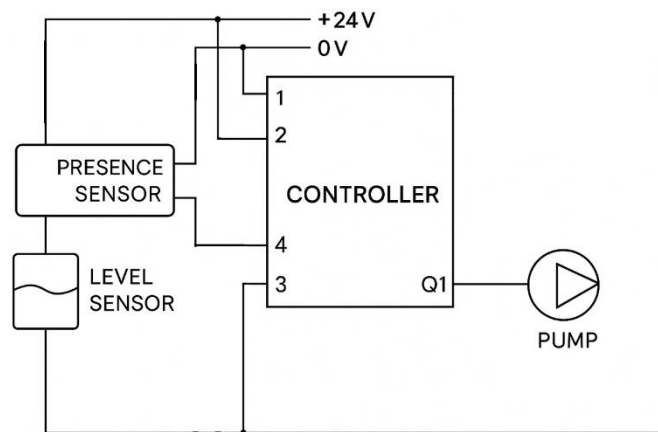


Figura 31. Diagrama del PLC.

En la Figura 32 se observa el diagrama de flujo del sistema a implementar con los cálculos realizados,

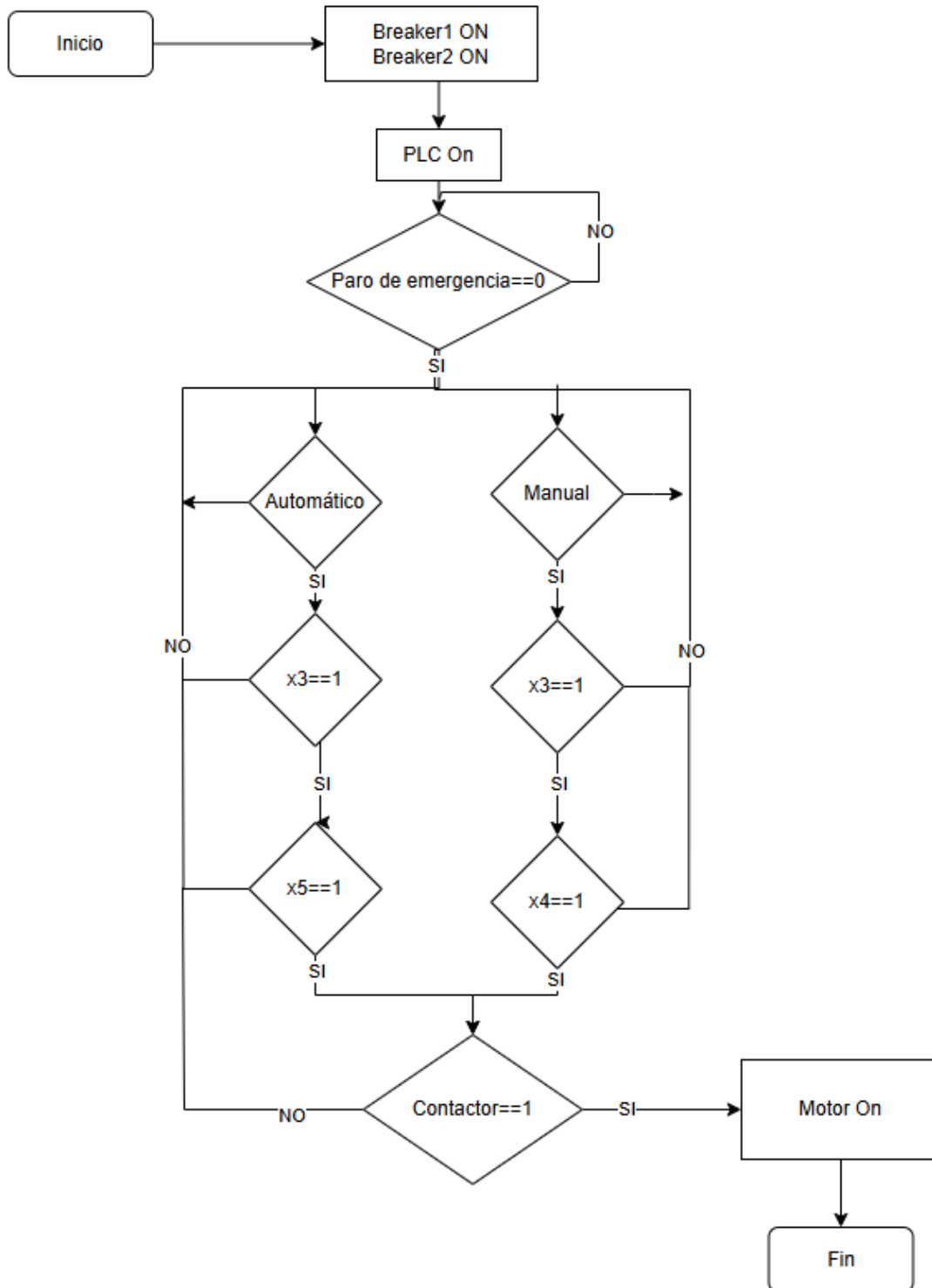


Figura 32. Diagrama de flujo del sistema.

Se detalla las variables de entrada del sistema: x3, asociado al sensor de nivel; x5, al sensor infrarrojo de proximidad; y x4, pulsador para activación manual del sistema. a continuación, en la Figura 33 se muestra el esquema eléctrico a implementar.

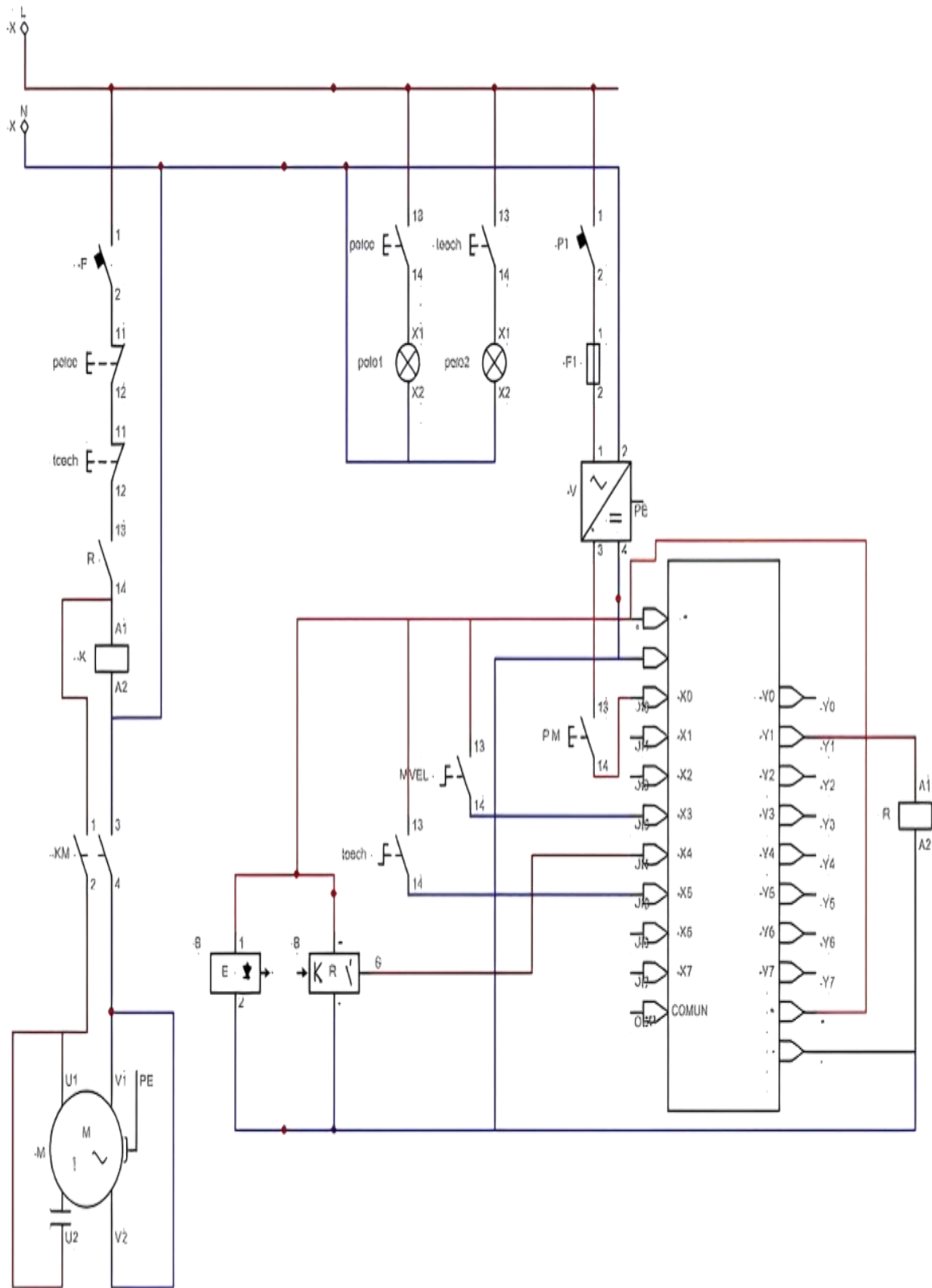


Figura 33. Esquema eléctrico del prototipo.

3.9. Sistema de tuberías

Se analiza la posición de las tuberías considerando el escenario en el que una vaca pudiera pisarlas, lo cual podría ocasionar una rotura. Este análisis permite identificar una posible solución al problema, para lo cual se aplican las Ecuaciones 10 y 11.

Según las especificaciones técnicas, la tubería presenta un diámetro exterior de 0.84 in y un diámetro interior de 0.109 in [23].

Se considera un peso máximo de 600 kg para el ganado, una longitud de tubería de 2 metros y un módulo de elasticidad del material de 2.5×10^9 Pa.

Por lo tanto, utilizando la Ec.11:

$$I = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$$
$$I = \frac{\pi \cdot (0.02134^4 - 0.0158^4)}{64}$$

$$I = 7.10 \times 10^{-10} \text{m}^4$$

Se desarrolla la Ec.10:

$$\delta = \frac{F \cdot (L)^3}{48 \cdot E \cdot I}$$
$$\delta = \frac{\frac{5880}{4} \text{Nm} \cdot (2\text{m})^3}{48 \cdot (2.5 \times 10^9 \text{Pa}) \cdot (7.10 \times 10^{-10} \text{m}^4)}$$

$$\delta = \frac{\frac{5880}{4} \text{Nm} \cdot (2\text{m})^3}{48 \cdot (2.5 \times 10^9 \text{Pa}) \cdot (7.10 \times 10^{-10} \text{m}^4)}$$

$$\delta = 138.02 \text{mm} = 13.02 \text{cm}$$

Límite recomendado de deformación

$$\frac{L}{200} = \frac{2}{200} = 10 \text{mm}$$

El resultado obtenido indica que $138.02 \text{ mm} > 10 \text{ mm}$, lo cual supera el límite admisible de deformación. Esto evidencia un alto riesgo de daño estructural en caso de que las tuberías queden expuestas y puedan ser pisadas por el ganado.

Por lo tanto, se recomienda implementar elementos de protección que refuercen o aíslen la tubería, con el fin de prevenir posibles roturas o fallos en el sistema, en la Figura 34 se observa el sistema hidráulico a implementar.

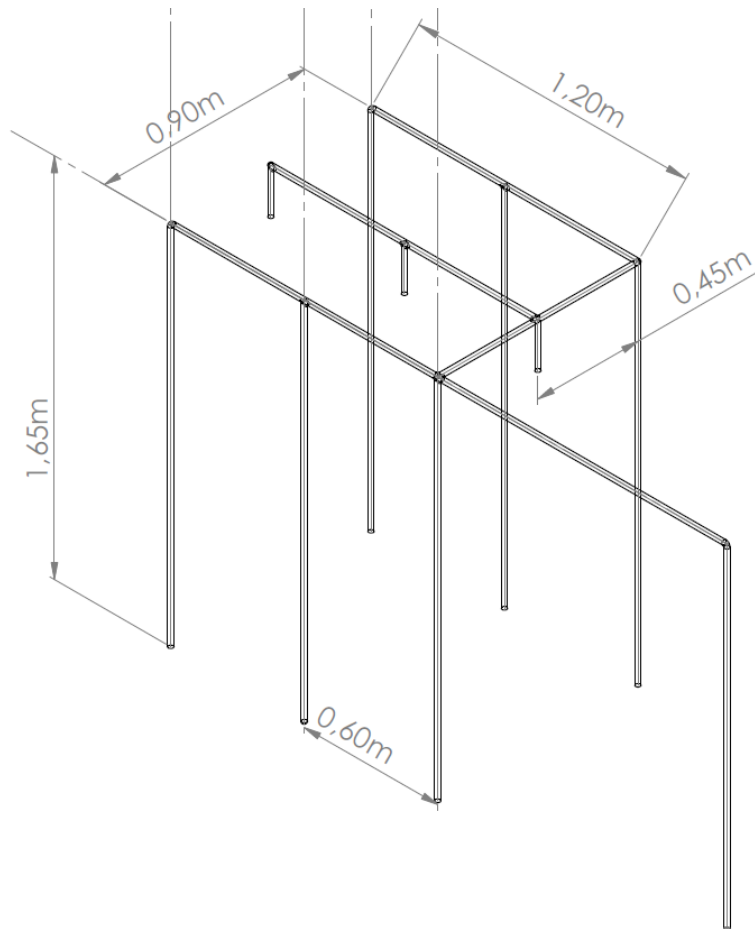


Figura 34. Sistema de tuberías para aspersión.

3.10. Simulaciones del proceso

En el segmento de la simulación del prototipo se desarrolló el diseño del dispositivo mediante un modelador paramétrico (Solid Works), el cual también es una excelente opción para realizar simulaciones mecánicas y de movimiento para cerciorarse de que el diseño del prototipo cumple con distintos estándares como:

- Precio de la materia prima
- Factor de seguridad aceptable
- Límites de movimiento establecidos
- Disminución de costos por errores de fabricación
- Guía para la implementación

En la Figura 35 se muestra el diseño completo del prototipo de la parte hidráulica a implementar, el cual está compuesto por elementos como: el Corral, las mangueras, la bomba y el tanque reservorio a

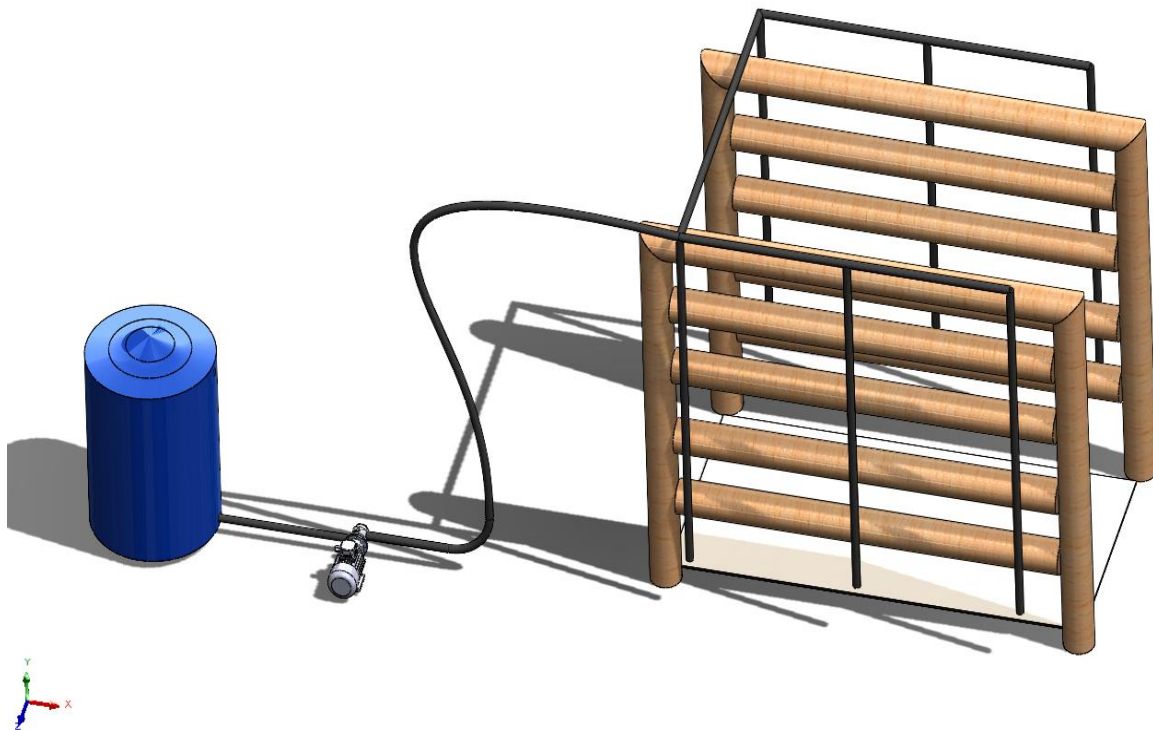


Figura 35. Prototipo de sistema semiautomático de limpieza de ganado vacuno.

El sistema hidráulico contará con un tanque el cual proporcionará el líquido garrapaticida al sistema, el actuador será la bomba la cual impulsará el líquido hacia todos los rociadores dentro del embudo.

Debido a las necesidades económicas del cliente se eligió por un cierre manual el cual funcionará a partir de tubo caña, la idea de una puerta metálica sería implementada una vez que el corral se tecnifique más, como proyecto a futuro se dejarán las bases para su viabilidad.

3.10.1 Sistema de tubería cuando se ejerce una fuerza

La simulación realizada, mostrada en la Figura 36, representa el comportamiento de la tubería al ser sometida al peso lateral de una vaca. Los resultados indican que el material no resiste adecuadamente la carga ejercida, lo que evidencia la necesidad de implementar protecciones adicionales para evitar daños estructurales, por el motivo de que la tubería no debe estar en contacto con la tubería.

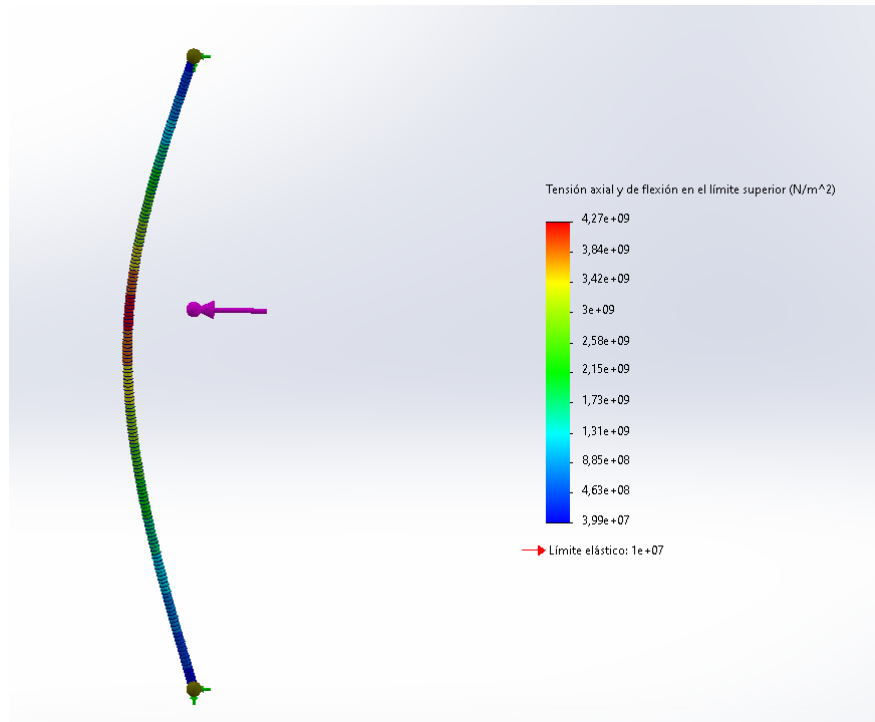


Figura 36. Simulación de tubería de agua cuando se ejerce una fuerza.

En la Figura 37 se observa el factor de seguridad ante una fuerza externa aplicada sobre la tubería de forma lateral, la cual, al superar su límite elástico, provoca una deformación plástica que conduce a la rotura del material.

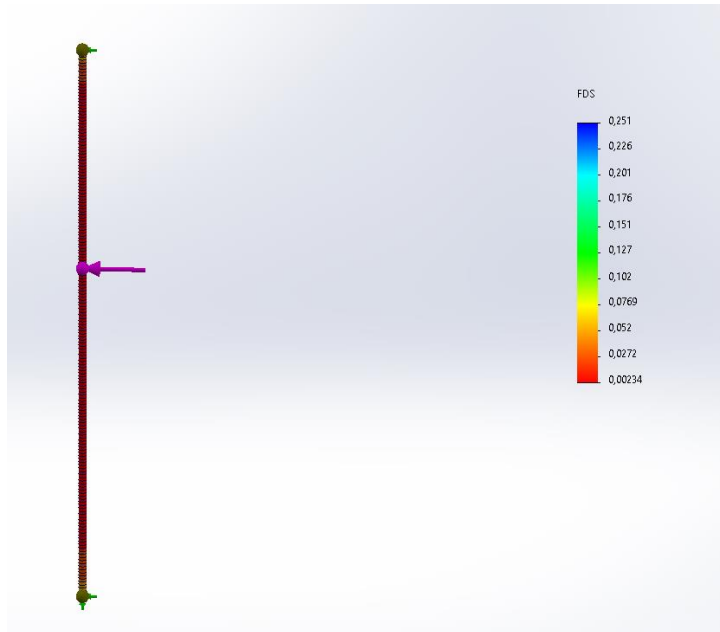


Figura 37 Simulación tubería cuando se ejerce una fuerza externa en su lateral

Este escenario se evidencia el riesgo del ganado en el roce lateral con las tuberías. Por lo tanto, importante que la instalación de tuberías se ubique externamente para evitar contacto y fallas del sistema.

3.11 Construcción del corral y del sistema

Como se observa en la Figura 38, se coloca los postes de madera con un espacio de 1.5 metros a lo largo del pasillo y se asegura 2 metros en el espacio donde se ubica el sistema de limpieza de ganado el espacio entre cañas, el espacio entre cañas evita afectaciones del material por la fuerza que ejerce el animal.



Figura 38. Construcción del corral.

Como se observa en la Figura 39 las cañas van a una separación de 30 cm entre cañas, lo que permite que la vaca evite introducir su cabeza y el material se vea afectado dando lugar a fracturas no deseadas, se dispone de un ancho de 70 cm que permite un adecuado rociado de la vaca.



Figura 39. Construcción pasillo del corral.

Según se observa en la Figura 40, las tuberías están construidas según el diseño establecido, lo que permite y asegura que la aspersion alrededor del animal esto permite que la limpieza sea correcta y adecuada.



Figura 40. Construcción de tuberías y ubicación de aspersor.

Los rociadores que apuntan al exterior se los taponó, para evitar el uso ineficaz del líquido, reduciendo su consumo en cada lavado.

3.12 Construcción del tablero de control

En la sección eléctrica la construcción del tablero se desarrolló fuera del área a implementar debido a que se debían realizar pruebas de control en un entorno controlado antes de la puesta en marcha.

Se realizaron perforaciones en la cubierta frontal donde se ubicaría las señaléticas visuales para saber el estado del tablero, y a su vez se instaló tanto el riel y la canaleta, en la Figura 41 se muestra el tablero antes de colocar los elementos eléctricos.



Figura 41. Tablero sin elementos eléctricos internos.

Al estar completa la parte externa del tablero se inició con la instalación de los respectivos elementos eléctricos que se indican en la Tabla 12.

Tabla 12. Elementos electrónicos.	
Elementos eléctricos	Cantidad
Breaker C10	1
Breaker C2	1
Porta fusible y fusible 4[A]	1
Contactador	1
Relé térmico	1
Borneras de conexión	10
Relé de 24V	2
Plc Panasonic	1
Pendant box	1
Fuente de 24 V	1

A continuación, en la Figura 42 se muestra el interior del tablero con todas las conexiones correspondientes según el diagrama previamente establecido, asegurando su buen funcionamiento mediante pruebas en un entorno controlado, se verifico las conexiones y las entradas y salidas de cada elemento con ayuda de un multímetro.

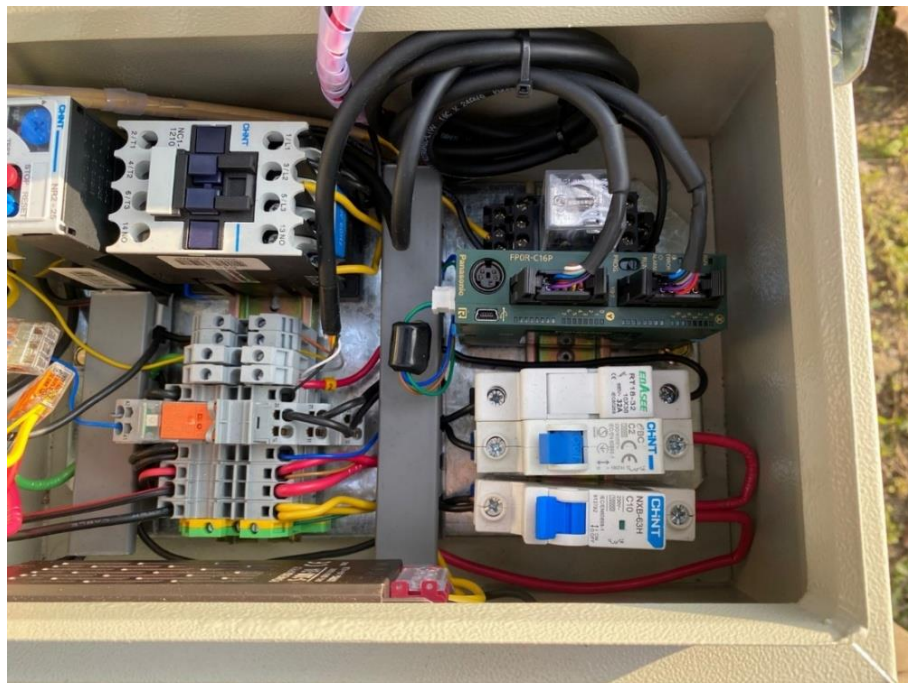


Figura 42. Tablero con los componentes interno.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. Introducción

Se analiza el funcionamiento del sistema, detallando los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas con los componentes previamente seleccionados. Este análisis permite verificar la eficacia del sistema en la limpieza del ganado, evaluando si cumple con los objetivos de eficiencia, simplicidad operativa y reducción del tiempo de trabajo. Permite determinar si el sistema opera correctamente y responde a las condiciones para las cuales fue diseñado

4.2. Comprobación de la hipótesis

La hipótesis de desarrollar una maquina semiautomática para el rociado de productos garrapaticidas al ganado vacuno fue un éxito debido a que:

- El operario ya no tiene la necesidad de cargar con una mochila fumigadora, facilitando así el trabajo, a su vez disminuyendo la exposición a los químicos y reduciendo en gran medida riesgos ergonómicos.
- El límite del material a rociar fue aumentado, ya no es una mochila de 20 [L], sino un tanque reservorio de 250[L], disminuyendo el tiempo en generar la mezcla para rociar.
- Los rociadores cubren el área completa del ganado vacuno mostrando una clara eficacia en la tarea de rociar el producto en su totalidad.
- El proceso de rociado se tecnifico y se logró una mayor eficiencia en el mismo.
- Debido a que el corral está constituido por caña no se pudo implementar puertas metálicas.

La primera prueba con el sistema de rociado semiautomático se lo realizo con una de las cabezas de ganado más grande para probar la fuerza de la estructura del corral y la eficacia del funcionamiento de aspersión del sistema implementado, en la Figura 43 se muestra la prueba con el animal.



Figura 43. Primera prueba con un animal.

4.3. Evaluación ambiental

El químico utilizado se denomina Garrakill, en el Anexo 10 se encuentra la ficha técnica del producto, su uso es para baños de aspersión como antiparasitario externo, que se compone por cada 100 ml con 20 g de Cipermetrina y 100 ml de Excipientes c.s.p, establecido con un grado de toxicidad II [29].

La cipermetrina se considera de baja toxicidad cuando se utiliza correctamente, considerando las instrucciones de seguridad y evitar el contacto directo, es altamente efectiva para el control de insectos, hormigas, pulgas, garrapatas, piojos y moscas con un bajo impacto en mamíferos y otros vertebrados, puede ser altamente toxico para abejas y organismos acuáticos [30].

Este tipo de compuesto químico se degrada con la luz del sol y es de baja toxicidad, pero se debe considerar que es un compuesto químico que debe ser manejado correctamente y que se debe evitar su uso cerca de cuerpos de agua, en la Figura 44 se muestra el ejemplo de sus presentaciones.



Figura 44. Antiparasitario externo Garrakill.

Los excipientes cantidad suficiente para, según sus siglas, (excipientes c.s.p), pueden contener sustancias tóxicas para el suelo que pueden enfermar plantas y reducir la productividad, lo que dificulta el crecimiento de raíces, esto según la dosis del producto y su tipo de uso.

Según esta consideración del químico que se va a usar y la ubicación del corral también se considera que el suelo donde se ubica el sistema de aspersión se construirá una cementación lo que evita el contacto del químico con el suelo, y se debe mantener un control correcto de dosis por lo que prevendrá posibles afectaciones en el suelo en el futuro.

4.4. Comprobación de Resultados

En la Figura 45 muestra el patrón de aspersión aplicado al ganado vacuno, lo que permite evaluar si es necesario incorporar un mayor número de aspersores para mejorar la cobertura y reducir la presión interna del sistema. El incremento de aspersores ayuda a disminuir la carga hidráulica sobre el sistema, aliviando la presión ejercida sobre el motor. Se detecta un nivel de ruido en el motor, como un indicativo de funcionamiento forzado, lo que refuerza la importancia de un diseño equilibrado para evitar sobrecalentamientos o daños mecánicos.



Figura 45. Prueba de aspersión.

En la Figura 46 se presenta la prueba realizada con ganado, con el objetivo de evaluar la cobertura del sistema de aspersión y determinar si es necesario incorporar un mayor número de aspersores para lograr una limpieza más uniforme y eficiente. Los resultados obtenidos permitirán ajustar adecuadamente el tiempo de operación, optimizando así el proceso de limpieza tanto en términos de eficacia como de rendimiento.



Figura 46. Prueba de aspersión en ganado vacuno.

El sistema cuenta con dos modos de operación uno manual el cual se genera a través del accionamiento de un botón en el pendant box y uno semiautomático el cual funciona con un sensor que logra captar la presencia de la vaca, mediante el PLC se programa el tiempo de espera, para evitar falsos positivos dentro del entorno, en la Figura 47 se muestra el rociado del líquido en la parte inferior de la vaca.



Figura 47. Pruebas de rociado.

Para obtener el tiempo ideal de rociado se realiza una serie de pruebas donde se ubica a la vaca en el pasillo que se realiza la limpieza de ganado y se accionaba en el modo manual durante un tiempo determinado inicial de 3 [seg], repitiendo el proceso aumentando 1 [seg] de rociado por cada iteración.

El área total del rociado se obtuvo colocando sobre el animal un material el cual muestre con claridad si la zona selección a verificarse fue correctamente cubierta, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Tiempo-área total cubierta.

Tiempo de rociado [seg]	Área total cubierta del ganado [%]
3	27.42
4	33.20
5	41.62
6	56.09
7	62.88
8	73.74
9	79.09
10	94.87
11	100.00

Con los resultados se estableció un tiempo de rociado de 11 [s] para un rendimiento eficaz y eficiente del sistema en modo semiautomático, en la Figura 48 se muestra una tendencia lineal al aumentar el tiempo de rociado con relación al área total.

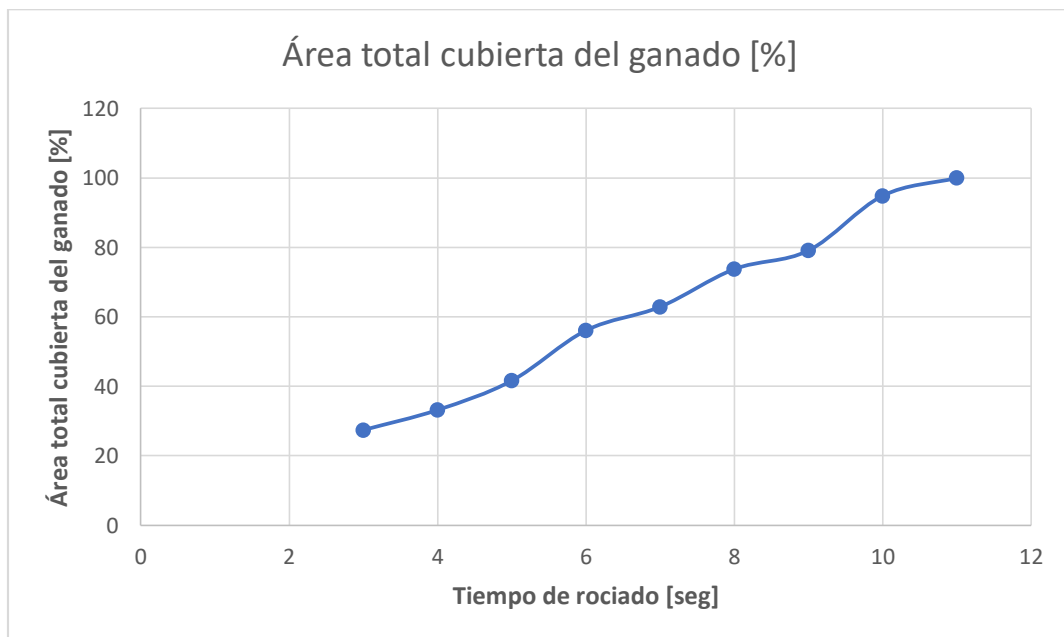


Figura 48. Gráfico Tiempo-Área.

4.5. Manual de Operación y mantenimiento

Dentro de esta sección se marcarán las pautas a seguir para que cualquier operario con una pequeña capacitación pueda trabajar con el equipo semiautomático de limpieza de ganado vacuno, a su vez se darán los mantenimientos y trabajos recomendados que se deberán realizar al equipo de forma quincenal, mensual, trimestral y anual, para su buen funcionamiento a largo plazo, se pueden encontrar en los anexos 11 y 12.

4.6. Análisis de costos de la implementación del proyecto

Se detalla el costo de materiales en la construcción del sistema de limpieza de ganado.

4.6.1 Costos directos

Dentro de esta sección se analizará el costo del material utilizado para la construcción del sistema semiautomático de limpieza del ganado, se lo seccionará en distintas áreas tales como: electrónica, eléctrica, hidráulica, y costos operacionales.

Estructura del corral y sistema de tuberías

Según la Tabla 14 se detalla los materiales necesarios para la construcción de tuberías necesarios para el funcionamiento en la aspersion del ganado.

Tabla 14. Lista para la compra del sistema de tuberías

N°	Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Manguera negra agrofex	1	\$16.13	\$16.13
2	Codo ½	6	\$0.10	\$0.60
3	Tee ½	9	\$0.24	\$2.13
4	Adaptador flex ½	9	\$0.14	\$1.25
5	Tapon ½	8	\$0.36	\$2.85
6	Agrazadera ½	8	\$0.46	\$3.63
7	Adaptador hembra ½	1	\$0.38	\$0.38
8	Teflón	2	\$0.53	\$1.06
9	Aspersor para ganado	15	\$4.55	\$68.25
	Total			\$96.72
	Total + iva			\$108.5

Según la Tabla 15 se detalla los materiales necesarios para la recolección de agua y mezcla del químico, necesario para la circulación de líquido en la tubería.

Tabla 15. Tabla de elementos hidráulicos.

N°	Ítem	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1	Tanque	1	\$50	\$50
2	Codos y tes	5	\$0.5	\$2.5
3	Reducción	1	\$0.25	\$0.25
	Total			\$53

Elementos eléctricos

Según la Tabla 16 se detalla los materiales necesarios para la construcción del tablero eléctrico necesarios para el funcionamiento del sistema.

Tabla 16. Costos eléctricos.

Ítem Nº	Descripción del Artículo	Cantidad	Valor unitario	Precio Total USD
1	Bomba 1/2 hp 110v	1	\$43.63	\$43.63
2	Contactador 220v	1	\$10.53	\$10.53
3	Rele térmico chint	1	\$13.10	\$13.10
4	Luz piloto CCS roja	1	\$1.22	\$1.22
5	Luz piloto CCS verde	3	\$1.36	\$4.09
6	Pulsador simple verde	1	\$1.62	\$1.62
7	Pulsador emergencia	2	\$2.50	\$5.00
8	Selector chint plástico	1	\$2.50	\$2.50
9	Breaker chint riel c10	1	\$4.39	\$4.39
10	Gabinete liviano 30x20x15cm	1	\$24.33	\$24.33
11	Riel din acero perforada	1	\$1.43	\$1.43
12	Breaker chint riel c2	1	\$2.28	\$2.28
13	Borneras de conexión	10	\$0.88	\$8.79
14	Cable concéntrico 4X18	20[m]	\$0.96	\$19.13
15	Base fusible	1	\$1.34	\$1.34
16	Fusible 4A	1	\$0.24	\$0.24
17	Cable conector PLC	1	\$23.71	\$23.71
18	Cable concéntrico 4X10	25[m]	\$2.85	\$71.25
19	Pendant box	1	\$15	\$15
20	Prensa Estopa	4	\$0.5	\$2
	IVA			\$38.63
	Total			\$293.10

Elemento de control

En la Tabla 17 se detalla el costo del controlador programable lógico de la marca Panasonic, importante para la sección de control del sistema. Teniendo en cuenta que debe ser robusto para el entorno, lo que favorece la reducción de errores en el desempeño.

Tabla 17. Tabla de costo de elemento de control.

N°	Ítem	Cantidad	Valor
1	FPOR Control	1	\$174.80
	Total		\$174.80

4.6.1 Costos indirectos

En la Tabla 18 se presenta el detalle de la mano de obra requerida para el corte y el transporte de la caña guadua, actividades esenciales dentro del proceso constructivo del sistema.

Tabla 18. Costo de mano de obra

N°	Ítem	Valor
1	Mano de obra	\$100
	Total	\$100

4.6.2 Costos imprevistos

En la Tabla 19 se detallan los costos imprevistos asociados al proyecto, incluyendo aspectos mecánicos, eléctricos y de mano de obra que no fueron contemplados en la planificación inicial.

Tabla 19. Costos imprevistos del proyecto.

Ítem Nº	Descripción del Artículo	Cantidad	Valor unitario	Precio Total USD
1	Relay CSC 14 Pines Planos 4P 3A 12VDC	1	\$2.89	\$2.89
2	Base Relay CSC 14 Pines Planos (MY-4)	1	\$1.97	\$1.97
3	Caja plástica rectangular lisa 100X50X150MM	1	\$1.09	\$1.09
4	Prensa estopa CSC PG13.5	1	\$0.38	\$0.38
5	Prensa estopa CSC PG11	1	\$0.33	\$0.33
6	Cable concéntrico 2X14AWG 600V	1	\$4.40	\$4.40
7	Rieles de fijación del tablero	2	\$7.5	\$15
8	Elementos de fijación	10	\$0.43	\$4.25
9	Adaptadores de tubería	5	\$1.14	\$5.70
10	Soporte para el sensor	1	\$10	\$10
11	Conector de 5 pines	1	\$21.95	\$21.95
12	Conector de 3 pines	1	\$21.69	\$21.69
13	Terminales (100 u)	3	\$6.51	\$6.51
	Total			\$96.41

4.7. Análisis económico

Dentro de esta sección se analizarán los beneficios económicos directos e indirectos del proyecto, tanto desde el momento de la puesta en marcha del dispositivo como en su uso cotidiano y a futuro con un tiempo de vida útil de la maquinaria de 10 años, tomando en consideración factores como:

- Inversión inicial de \$825.81 en el sistema semiautomático
- El salario mínimo es de \$470
- El número de las cabezas de ganado (50)
- El tiempo que necesario para que el equipo realice la limpieza del ganado vacuno 2 [min] por vaca,
- El consumo eléctrico por parte del sistema.

4.7.1 Cálculo del costo salarial por sesión

Antes de la implementación del sistema, el tiempo de lavado por vaca era de 5[min], donde era necesario la utilización de 2 operarios para realizar el trabajo. Una vez implementado el sistema semiautomático se consiguió reducir el tiempo a 2 [min] por vaca lo que implica una reducción en costos de nómina que se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Comparativa de costos por mano de obra.

Método	Costo de hora de trabajo
Mochila fumigadora	\$16.33
Sistema Semiautomático	\$6.54

Una vez implementada el sistema semiautomático de lavado se consigue un ahorro de \$9.79 por sesión, lo que genera un total de 254.54\$ en la nómina al año.

4.7.2 Inversión inicial y mantenimientos

La inversión inicial para la implementación y puesta en marcha del proyecto fue de \$825.81, además hay que tomar en consideración costos de mantenimientos preventivos y correctivos los cuales serán necesarios para perdurar el buen funcionamiento del sistema.

Se consideró un valor 10-15% del valor del proyecto, debido a las condiciones en las cuales va a estar operando, pero como el uso del sistema va a ser cada 15 días, se establecerá una cantidad de 85\$ anuales para los mantenimientos.

El consumo estimado del dispositivo anualizado sería de \$5,28 debido a su poca frecuencia de uso.

4.7.3 Análisis del TIR y del VAN

El análisis del VAN y el TIR son herramientas que ayudan a medir la rentabilidad y viabilidad de un proyecto, en este caso el dispositivo implementado, cuenta con los siguientes datos:

- Flujo Anual: $234.72 - 85 - 5.28 = \$144.44 = F_t$
- Tasa de descuento: 10%
- Vida útil del proyecto: 10 años
- Inversión inicial: $I_0 = \$825.81$

La fórmula del van es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^5 \frac{F_t}{(1+r)^t}$$

$$VAN = 4\ 146.76$$

La sumatoria realizada se presenta en la Tabla 21.

Tabla 21. Sumatoria del VAN.

Año	Flujo anual (\$)	Factor de descuento (1/(1+0.10)^t)	Valor presente
1	144.44	0.90909	131.31
2	144.44	0.82645	119.37
3	144.44	0.75131	108.52
4	144.44	0.68301	98.65
5	144.44	0.62092	89.69
6	144.44	0.56447	81.53
7	144.44	0.51316	74.12
8	144.44	0.46651	67.38
9	144.44	0.4241	61.26
10	144.44	0.38554	55.69
	Total VAN bruto		\$887.52
	Menos inversión inicial		– \$825.81
	VAN final		\$61.71

La fórmula para obtener el TIR es:

$$0 = -I_0 + \sum_{t=1}^5 \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

$$TIR = 11.89\%$$

Como se muestra en la Tabla 22 se puede al aplicar una tasa de interés del 11.89%, la suma de total es el mismo valor que la inversión inicial, confirmando el TIR.

Tabla 22. Tabla del TIR.

Año	Flujo anual (\$)	Factor de descuento (1 / (1 + 0.1189) ^t)	Valor presente
1	144.44	0.89373	\$129.09
2	144.44	0.79876	115.37
3	144.44	0.71388	103.11
4	144.44	0.63802	92.16
5	144.44	0.57022	82.36
6	144.44	0.50963	73.61
7	144.44	0.45547	65.79
8	144.44	0.40707	58.8
9	144.44	0.36381	52.55
10	144.44	0.32515	46.97
	Total		\$825.81

CONCLUSIONES

La construcción del proyecto se llevó a cabo siguiendo pasos metodológicos que permitieron identificar variables clave, importantes para la investigación de campo como para el análisis bibliográfico. Este proceso fue esencial para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, ya que se determinó técnicas y características, como la presión entre 20-70[Psi], caudal 10.92[L/min] y técnicas de aspersión. Necesarios para realizar los cálculos en el diseño del sistema y para selección de materiales, lo que prioriza un bajo costo sin comprometer la eficiencia en el sistema de limpieza. Donde se focalizo también la investigación de campo que resultó crucial, para considerar factores, como el tipo de raza y dimensiones del ganado, dimensiones del corral tipo de corral, lo permite adaptar el sistema de aspersión de forma adecuada a las necesidades reales del entorno,

La construcción del sistema cumple con el objetivo de implementar un sistema de limpieza semiautomático para ganado vacuno. Este sistema opera en dos modos de funcionamiento: uno manual, activado mediante un botón, y otro automático, mediante un sensor de presencia que, tras detectar al animal, espera un tiempo preestablecido de 3[seg], antes de activar los aspersores. Se considera un sistema semiautomático ya que, aunque automatiza parte del proceso, ofrece la posibilidad de futuras mejoras debido al PLC, dando cabida a una posible incorporación de puertas automáticas. El diseño garantiza un tiempo máximo de operación de limpieza de 2[min] por vaca, cumpliendo así con el propósito de optimizar el proceso y reducir los tiempos de limpieza en un 60%, debido a que el tiempo de lavado con la mochila es de 5[min] por vaca. Además, el sistema responde a los criterios establecidos: eliminar el esfuerzo físico del operario y evitar el contacto directo con productos químicos asegurando así un funcionamiento eficiente, seguro y práctico.

El proyecto fue sometido a pruebas de funcionamiento que permitieron identificar aspectos clave para su mejora y correcta operación, como la distancia de 55[cm] entre los aspersores. Durante estas evaluaciones, se observó el tiempo requerido para completar de manera eficiente y eficaz el proceso de aspersión es de 11[seg] dentro del túnel. Entre los hallazgos más relevantes se identificó la necesidad de incorporar un mayor número de aspersores con un total de 17[u] con el fin de reducir el tiempo de limpieza por animal, genera redundancia en caso de movimiento del ganado, existió una diferencia del 0% entre la cantidad de químico desparasitante utilizado entre la mochila, y el sistema implementado.

RECOMENDACIONES

El sistema requiere un mantenimiento preventivo regular, especialmente en el panel de control eléctrico y en los componentes del sistema de aspersores, a fin de garantizar su correcto funcionamiento y prolongar la vida útil del equipo. Es importante establecer un cronograma de limpieza mensual, en relación con los ciclos de limpieza del ganado, para prevenir fallos operativos o cortocircuitos, debido que el sistema está expuesto a condiciones ambientales en exteriores.

En caso de utilizar un químico diferente al previsto para la limpieza del ganado, es esencial realizar pruebas preliminares. Esto permite verificar la compatibilidad del nuevo producto con el sistema, evita problemas como la obstrucción de boquillas si el líquido presenta una viscosidad mayor.

El sistema de aspersión también es apto para su uso en equinos, aunque se recomienda realizar ajustes y pruebas para asegurar que la distancia y orientación de los aspersores sea adecuada para ese tipo de animal.

El diseño del equipo es versátil y permite desmontaje y reconfiguración, lo cual abre la posibilidad a futuras mejoras, como la incorporación de sensores adicionales o sistemas de puertas automáticas. Estas adaptaciones podrían optimizar aún más el desempeño, permitiendo aplicaciones específicas según el tipo o estado del animal a ser limpiado.

REFERENCIAS

- [1] INSTITUTO NACIONAL TECNOLÓGICO (INATEC), «Manejo Sanitario Eficiente de ganado Bovino: Principales Enfermedades,» Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA), 2010. [En línea]. Available: <https://www.fao.org/4/as497s/as497s.pdf>. [Último acceso: 24 04 2025].
- [2] Universo de la Salud Animal, «Baños de aspersion para el control de parásitos externos en el ganado bovino,» MSD Salud Animal, 2023. [En línea]. Available: <https://www.universodelasaludanimal.com/ganaderia/banos-de-aspersion-para-el-control-de-parasitos-externos-en-el-ganado-bovino/>. [Último acceso: 24 04 2025].
- [3] Cadena Nueve, «Para combatir las garrapatas en bovinos: guía para un baño de inmersión efectivo,» Cadena Nueve, 2025. [En línea]. Available: <https://www.cadenanueve.com/2025/03/31/para-combatir-las-garrapatas-en-bovinos-guia-para-un-bano-de-inmersion-efectivo/#:~:text=El%20proceso%20de%20ba%C3%B1o%20de,sobre%20las%20garrapatas%2C%20elimin%C3%A1ndolas%20eficientemente..> [Último acceso: 25 04 2025].
- [4] CAPROVE y SENASA, «BAÑADEROS: LOS ERRORES MÁS FRECUENTES,» Rev. de la Soc. Rural de Jesús María, 1996. [En línea]. Available: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/Bovinos_garrapatas_tristeza/25-banadero.pdf. [Último acceso: 25 04 2025].
- [5] Ministerio de trabajo de Argentina, «APLICADORES DE FITOSANITARIOS CON MOCHILA MANUAL Elaborado en el marco de la Comisión Cuatripartita del sector MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS,» 2022. [En línea]. Available: chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mbp_2022_aplicfitosanitarios.pdf?utm.com. [Último acceso: 20 05 2025].
- [6] E. d. J. Casado Ramirez, B. d. R. Martin Canche , A. Naal Ocampo y J. L. Guillen Taje, «Módulo de baño por aspersion para la eliminación,» Ciencia Latina, 2022. [En línea]. Available: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.4165. [Último acceso: 03 04 2025].
- [7] CONtextganadero, «CONtextganadero,» 17 1 2025. [En línea]. Available: CONtextganadero. [Último acceso: 18 5 2025].
- [8] V. E. C. AYALA, «EFECTO DEL ÍNDICE TEMPERATURA Y HUMEDAD (ITH) EN LA PRODUCTIVIDAD Y EFICIENCIA REPRODUCTIVA EN VACAS LECHERAS,» UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, 2021. [En línea]. [Último acceso: 18 04 2025].
- [9] Universidad Nacional Autónoma de México, «MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL Y DISPERSIÓN,» Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 2009. [En

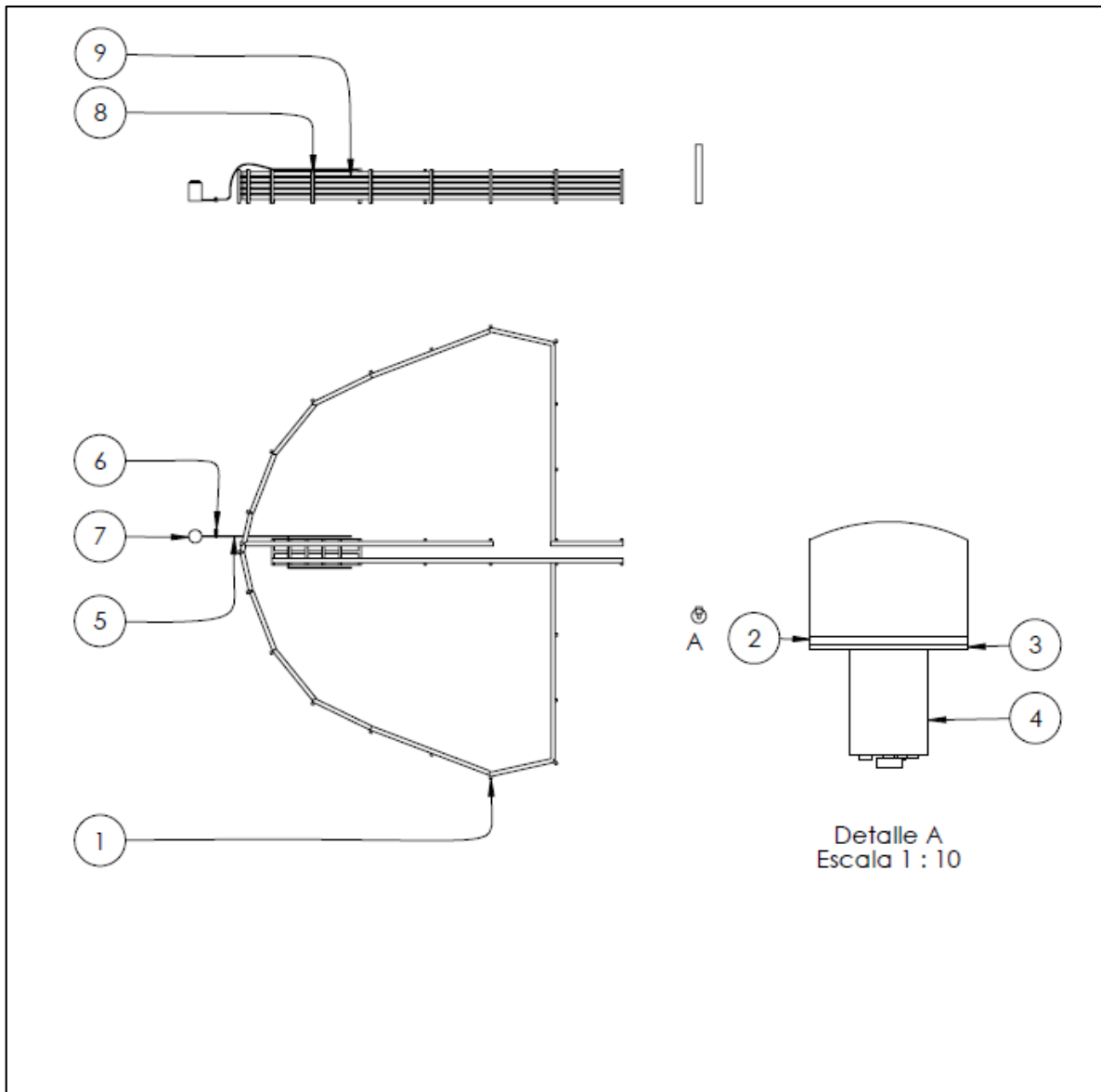
- línea]. Available: https://campusvirtual.icap.ac.cr/pluginfile.php/233045/mod_resource/content/1/1.%20MEDIDAS%20DE%20TENDENCIA%20CENTRAL%20Y%20DISPERSION.pdf. [Último acceso: 22 4 2025].
- [10] J. Adbburner, «ASPERSORES,» INIAP, 1982. [En línea]. Available: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1436/4/iniapscsd4.pdf>. [Último acceso: 24 04 2025].
- [11] Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, «Manual de limpieza y desinfección en salud animal,» OIRSA, 2021. [En línea]. Available: <https://www.oirsa.org/contenido/2020-2/2021/Manual%20Limpieza%20Desinfecci%C3%B3n%20V5.pdf>. [Último acceso: 24 04 2025].
- [12] Spraying Systems Co, «Industrial Hydraulic Spray products,» Spraying Systems Co, 2019. [En línea]. Available: https://www.spray.com/es-mx/-/media/dam/industrial/usa/sales-material/catalog/cat75hyd_metric.pdf. [Último acceso: 24 04 2025].
- [13] PNR, «SPAY ENGINEERING HANDBOOK,» PNR, 2016. [En línea]. Available: <https://pnrnordic.fi/tuoteluuttelo/pdf/Technical-Manual.pdf>. [Último acceso: 25 4 2025].
- [14] M. López, D. Pérez y A. Ruiz, «Mechanical and chemical of polyethylene hoses for agro-industrial use,» de *Journal of agricultural Materials Science*, vol. 12, 2024, pp. 104-118.
- [15] MDPI, «Aging behaviour of LDPE agricultural films in contact with pesticides,» de *Polymers*, vol. 14, 2022, p. 1123.
- [16] L. Legarda Burbano y H. Ruiz Erazo, «Medición de corrientes de agua con fines de ingeniería de regadíos,» *Revista de Ciencias Agrícolas*, 2000. [En línea]. Available: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6191543.pdf>. [Último acceso: 4 2025].
- [17] Debem, «Bomba autocebante DEBEM - ¿Qué es y cómo funciona? - Debem,» Debem, 18 08 2022. [En línea]. Available: <https://www.debem.com/es/bomba-autocebante/>. [Último acceso: 24 04 2025].
- [18] Universidad de Granada, «DISEÑO DEL SISTEMA DE TUBERÍAS Y CÁLCULO DE LAS BOMBAS,» Universidad de Granada, [En línea]. Available: <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfc/q/descargas/documentos/BOMBAS%20Y%20TUBERIAS.pdf>. [Último acceso: 08 05 2025].
- [19] PumpWorks, «Peripheral Pumps: What are They & How Do They Work?,» PumpWorks, 2024. [En línea]. Available: <https://www.pumpworks.com/peripheral-pumps-what-are-they-how-do-they-work/>. [Último acceso: 05 2025].

- [20] Britannica, «Regenerative pump, Encyclopædia Britannica,» Britannica, [En línea]. Available: <https://www.britannica.com/technology/regenerative-pump> . [Último acceso: 05 2025].
- [21] unitelectronic, «E18-D80NK Sensor de Proximidad NPN 3-80cm,» UNIT Electronics, 2025. [En línea]. Available: <https://uelectronics.com/producto/e18-d80nk-sensor-de-proximidad-npn-3-80cm/>. [Último acceso: 05 2025].
- [22] C. F. Chamorro Araujo y H. A. Reinoza Delgado, «Desarrollo Didáctico De Un Sistema Router CNC Aplicado a La Universidad Autónoma De Nariño,» universitaria Autonoma de Nariño, 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.12276/1025/IM147Art.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Último acceso: 26 04 2025].
- [23] V. Veas B. y J. Chang Lou, «Deformaciones en vigas,» Universidad de Chile, 07 2000. [En línea]. Available: https://www.u-cursos.cl/fau/2012/1/AO505/1/material_docente/bajar?id_material=462719. [Último acceso: 14 05 2025].
- [24] Universidad Nacional de la plata, «Controlador lógico programable - PLC -,» Universidad Nacional de la Plata, [En línea]. Available: <https://unlp.edu.ar/wp-content/uploads/34/33734/5ec0cdabf060392904acb56348c3b8a9.pdf>. [Último acceso: 26 04 2025].
- [25] Panasonic, «FP0R Programmable Controller,» Panasonic, 2025. [En línea]. Available: <https://industry.panasonic.com/global/en/products/fasys/plc/plc/fp0r>. [Último acceso: 20 05 2025].
- [26] Panasonic Industry, «AFP0RC16CP | FP0R,» Panasonic Industry, 2025. [En línea]. Available: <https://industry.panasonic.com/global/en/products/fasys/plc/plc/number/afp0rc16cp>. [Último acceso: 05 2025].
- [27] NFPA, «National Fire Protection Association - National Electrical Code 2017,» INSTALACIONES ELÉCTRICAS - II PAO 2022, 2022. [En línea]. Available: <https://aulavirtual.espol.edu.ec/courses/13191/files/2634643>. [Último acceso: 5 9 2025].
- [28] richardzi@zw-cable.com, «Cable AWG: 5 Factores Vitales Que Valen La Pena Al Seleccionar Un Cable,» Leading Cable and Wire Manufacturer-ZW, 2021. [En línea]. Available: <https://zwcables.com/es/awg-cable/>. [Último acceso: 11 5 2025].
- [29] JAMES BROWN PHARMA, «GARRAKIL Emulsion para baños de aspersión/inmersion Antiparasitario externo,» JAMES BROWN PHARMA, 2019. [En línea]. Available: https://jamesbrownpharma.com/wp-content/uploads/2019/05/Ficha_Tec_Garrakill.pdf. [Último acceso: 31 05 2025].
- [30] UNIVERSIDAD DE CONCEPCION-CENTRO EULA CHILE, «Determinación del posible impacto de la cipermetrina y deltametrina en el medio marino y su efecto en

Mytilus chilensis.,» UNIVERSIDAD DE CONCEPCION, 2013. [En línea]. Available: https://www.subpesca.cl/portal/618/articles-81723_documento.pdf. [Último acceso: 31 05 2025].

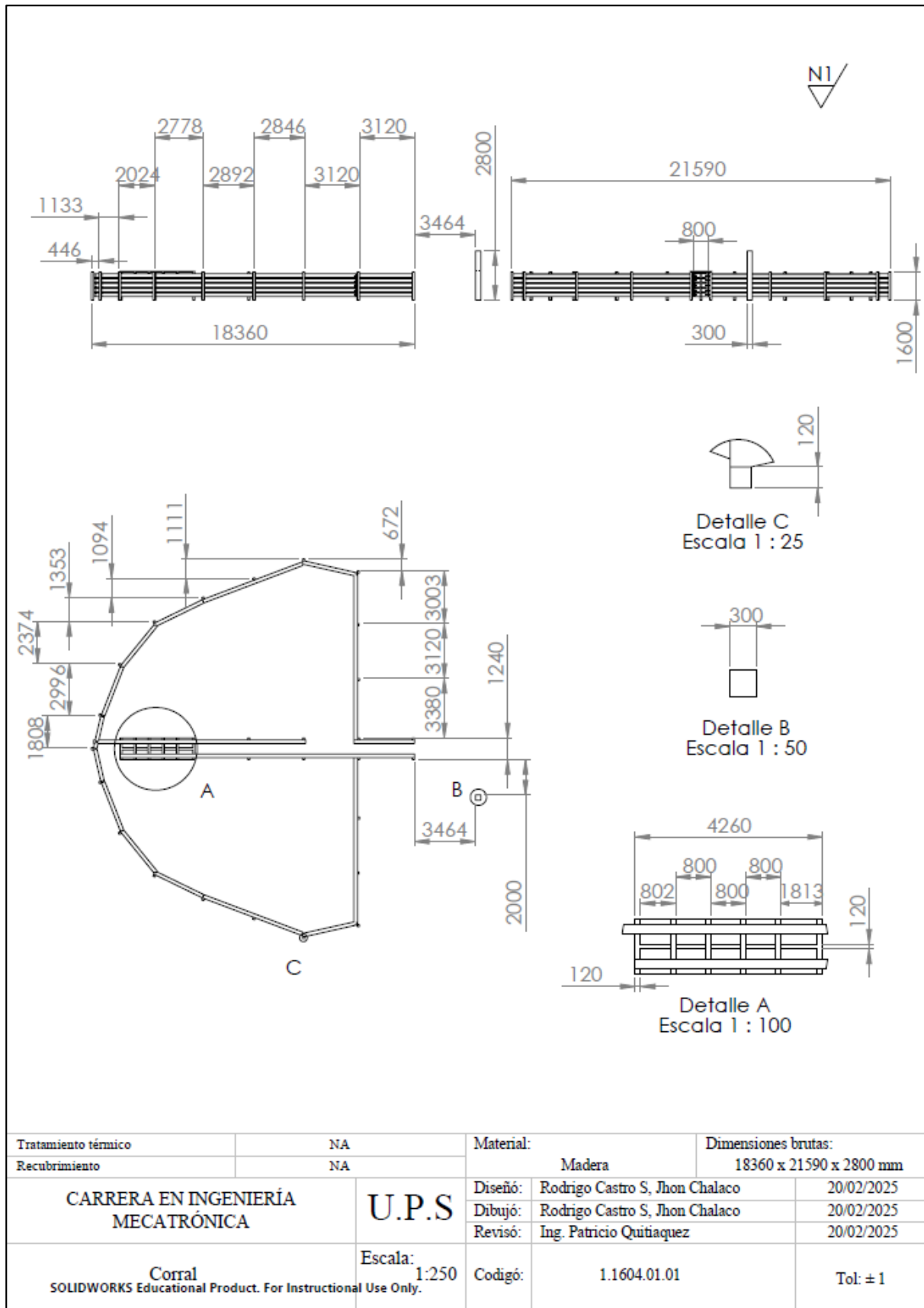
- [31] The Professional Animal Scientist, «LA REDUCCION DEL ESTRÉS DEL MANEJO MEJORA LA PRODUCTIVIDAD Y EL BIENESTAR ANIMAL,» The Professional Animal Scientist, 1998. [En línea]. Available: https://www.produccion-animal.com.ar/etologia_y_bienestar/bienestar_en_general/23-reduccion_estres.pdf. [Último acceso: 6 6 2025].
- [32] m&m internacional, «ELECTROVÁLVULAS M&M INTERNATIONAL,» m&m internacional, [En línea]. Available: https://www.disai.net/wp-content/uploads/catalogos_pdf/CAT_MM_ELECTROVLVULASYBOBINAS.pdf. [Último acceso: 25 04 2025].
- [33] MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION GOBIERNO DE ESPAÑA, «VÁLVULAS, VENTOSAS Y OTROS ELEMENTOS DE LOS SISTEMAS DE RIEGO,» MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION GOBIERNO DE ESPAÑA, 2021. [En línea]. Available: https://www.mapa.gob.es/images/es/ponencia_8_tcm30-561846.pdf. [Último acceso: 24 04 2025].

ANEXOS

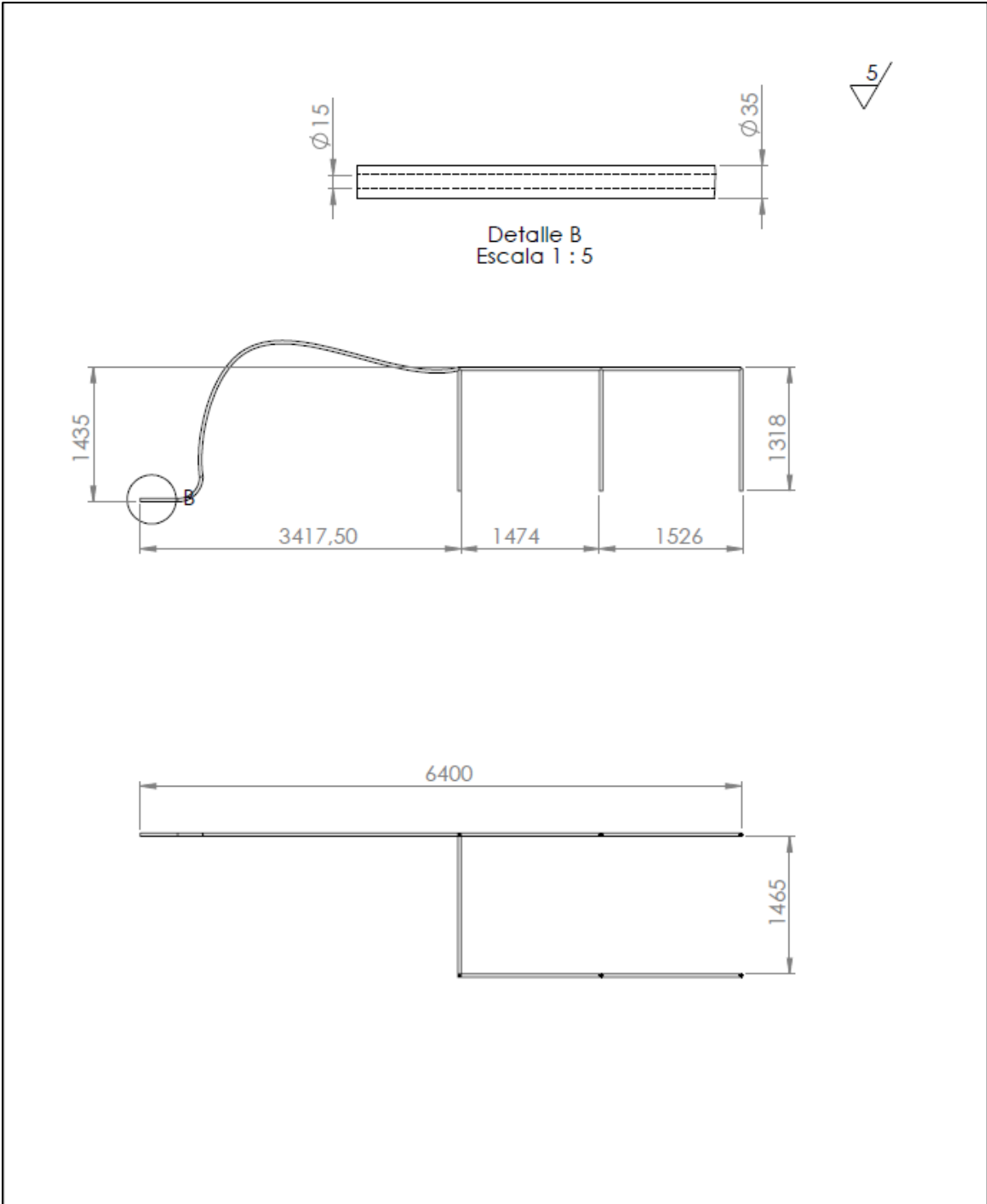


9	rociadores	15	ISO 15886		
8	T conexion	6	ISO 6863		
7	tanque	1	1.1604.01.06		
6	Motor	1	NOM-004-ENER		
5	mangera	1	1.1604.01.05		
4	Tablero de control	1	1.1604.01.04		
3	U Fijacion T	1	1.1604.01.03		
2	U Fijacion P	1	1.1604.01.02		
1	corral	1	1.1604.01.01		
Ref.	Denominación	Cant	Codigo	Zonif	observ
CARRERA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA			U.P.S	Diseño: Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025
				Dibujó: Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025
				Revisó: Ing. Patricio Quitiaquez	20/02/2025
Plano de conjunto: Maquina para la limpieza de ganado vacuno			Escala: 1:250	Codigo: 1.1604.01.00	Tol: ±1

Anexo 1. Plano de los elementos.



Anexo 2. Plano del corral.

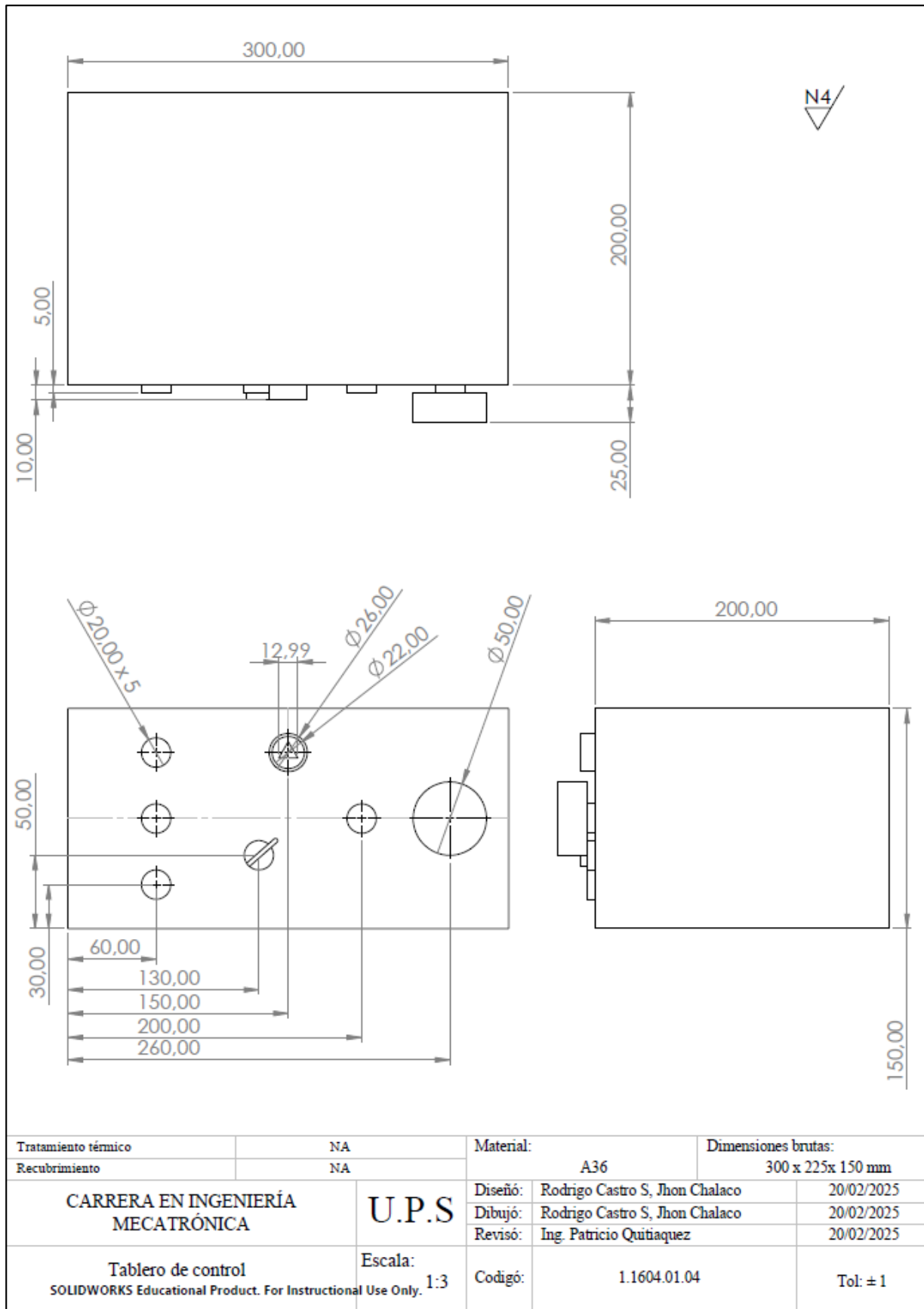


5/

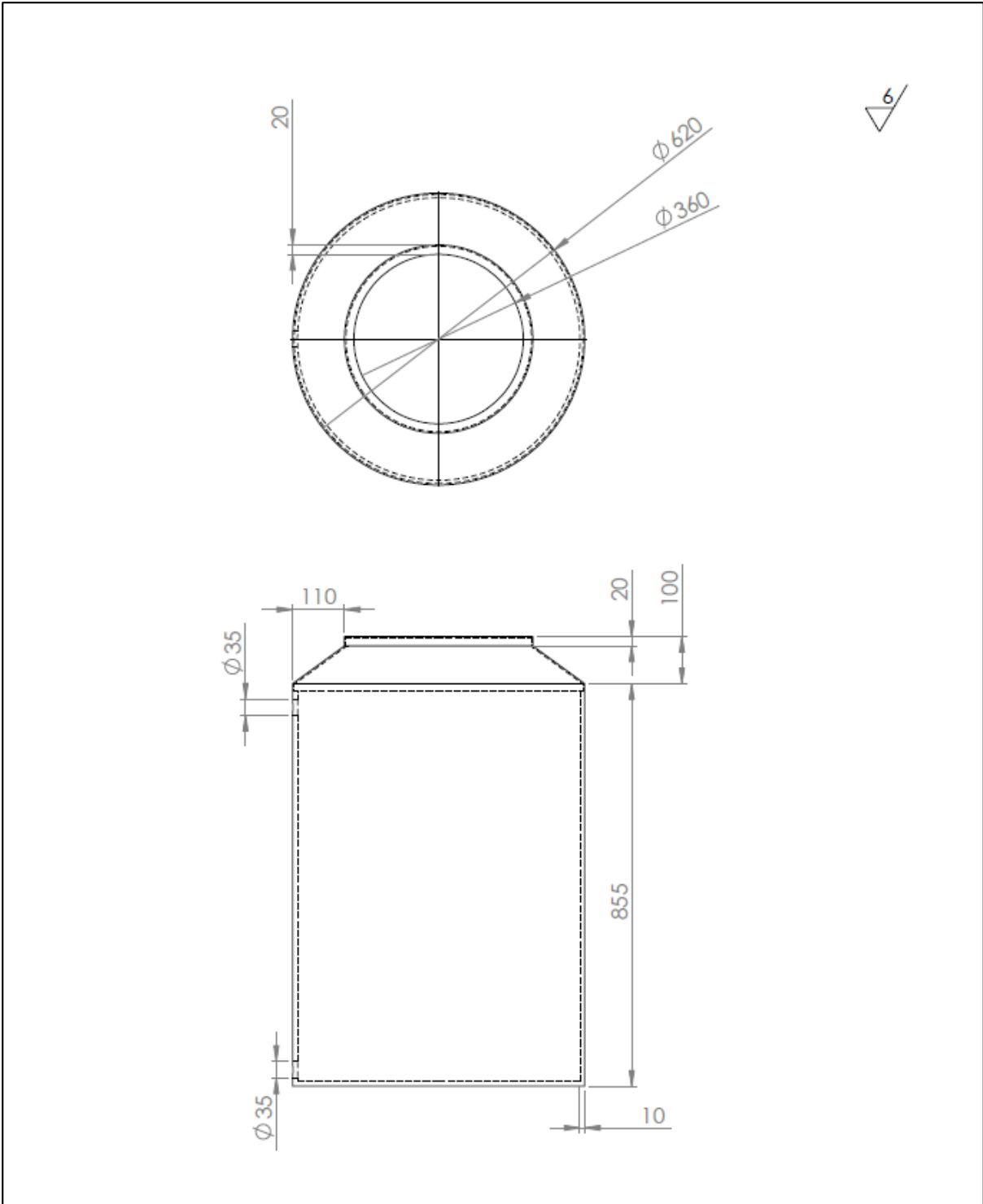
Detalle B
Escala 1 : 5

Tratamiento térmico	NA	Material:	Polietileno	Dimensiones brutas:	6420 x 1500 x 1500 mm
Recubrimiento	NA				
CARRERA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Dibujó:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez	20/02/2025	
Manguera SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.	Escala: 1:50	Codigó:	1.1604.01.05	Tol: ± 1	

Anexo 3. Plano de la manguera hidráulica.



Anexo 4. Plano del tablero de control.

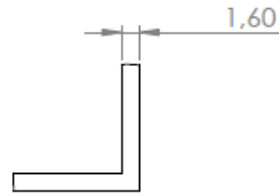


6

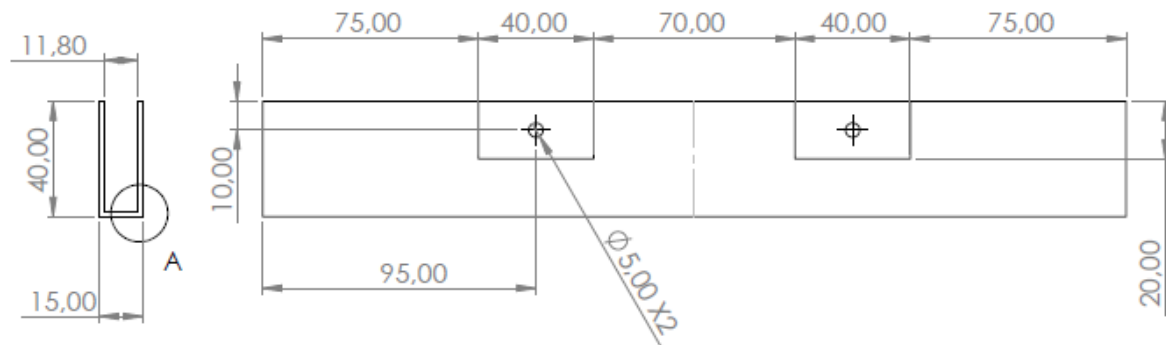
Tratamiento térmico	NA	Material:	Polietileno	Dimensiones brutas:	620 x 620 x 955 mm
Recubrimiento	NA				
CARRERA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Dibujó:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez	20/02/2025	
Tanque SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only	Escala: 1:10	Codigó:	1.1604.01.06	Tol: ± 1	

Anexo 5. Plano del tanque.

N2/



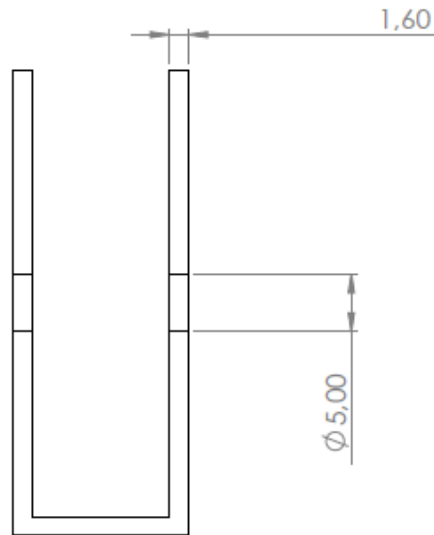
Detalle A
Escala 2 : 1



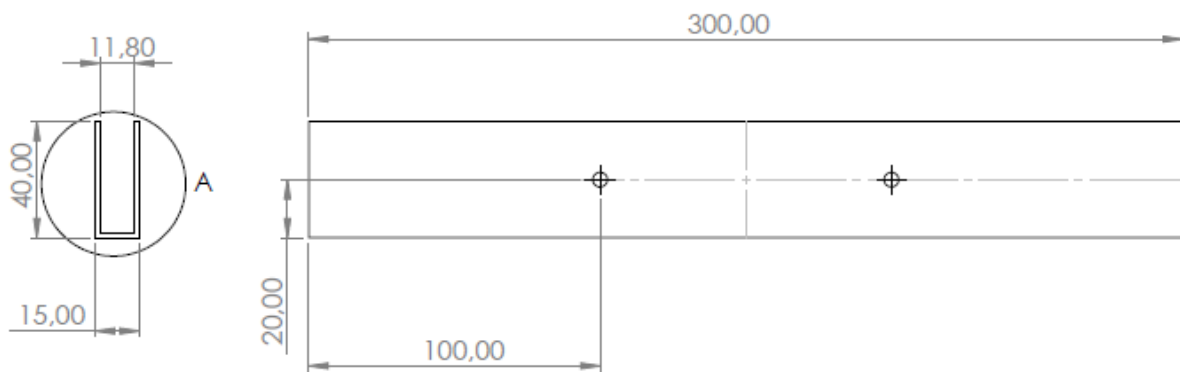
Tratamiento térmico	NA	Material:	ASTM500	Dimensiones brutas:	300 x 40 x 15 mm
Recubrimiento	NA				
CARRERA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Dibujó:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez	20/02/2025	
U Fijacion P SOLIDWORKS Educacional Product. For Instructional Use Only	Escala:	Codigó:	1.1604.01.02	Tol: ± 1	

Anexo 6. Plano de la U de fijación P.

N3/

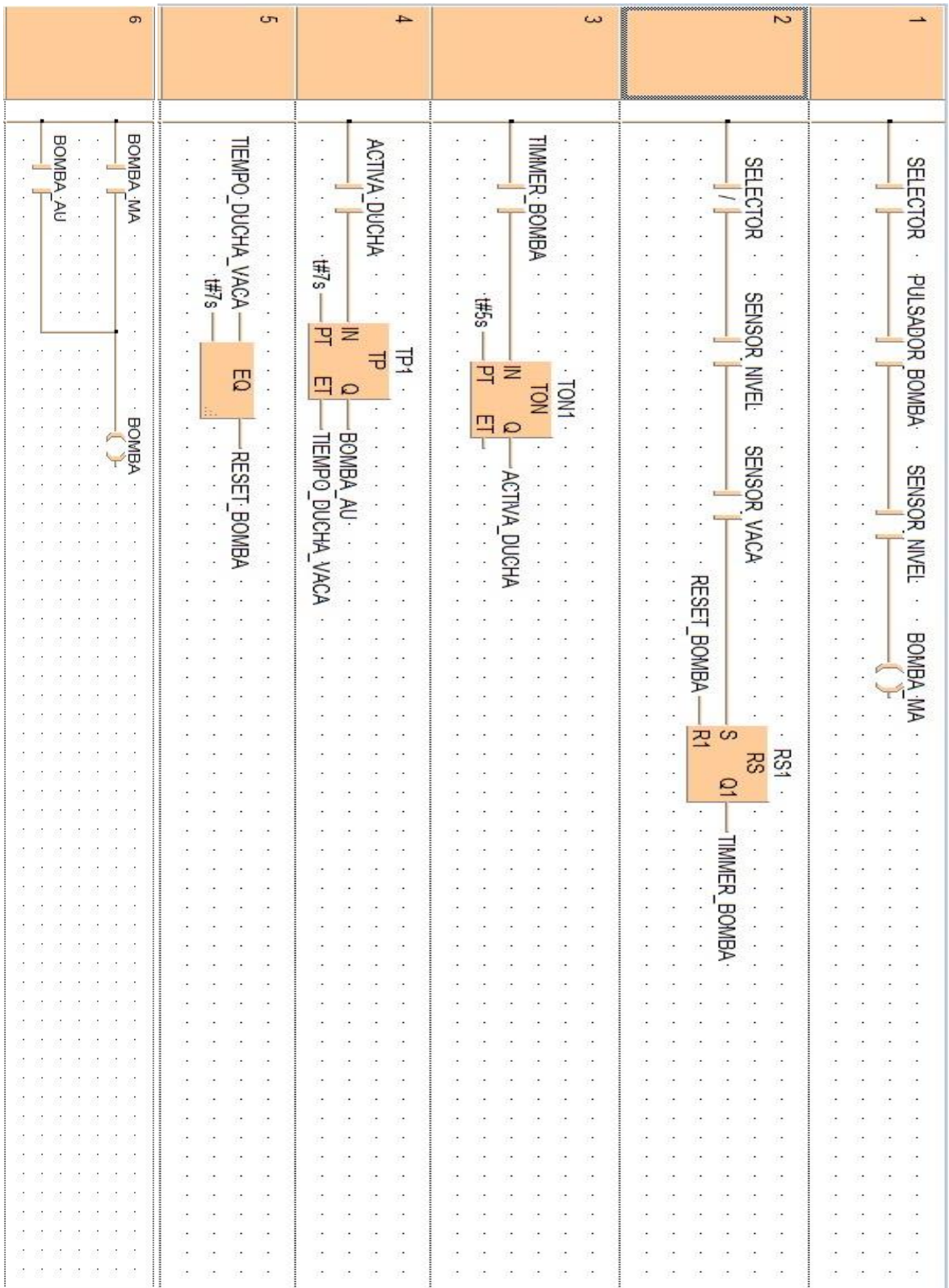


DETAIL A
SCALE 2 : 1



Tratamiento térmico	NA	Material:	ASMT500	Dimensiones brutas:	300 x 40 x 15 mm
Recubrimiento	NA				
CARRERA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA	U.P.S	Diseño:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Dibujó:	Rodrigo Castro S, Jhon Chalaco	20/02/2025	
		Revisó:	Ing. Patricio Quitiaquez	20/02/2025	
U Fijacion T SOLIDWORKS Educational Product. For Instructional Use Only.	Escala:	Codigó:	1.1604.01.03	Tol: ± 1	

Anexo 7. Plano de la U de fijación T.



Anexo 8. Código PLC.

Clase	Identificador	Tipo	Inicial	Comentario
VAR_EXTERNAL	SELECTOR	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	SENSOR_NIVEL	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	SENSOR_VACA	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	BOMBA	BOOL	FALSE	
VAR	BOMBA_M	BOOL	FALSE	
VAR	TIMMER_BOMBA	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	PULSADOR_BOMBA	BOOL	FALSE	
VAR	TP1	TP		
VAR	BOMBA_A	BOOL	FALSE	
VAR	TIEMPO_DUCHA_VACA	TIME	T#0s	
VAR	RESET_BOMBA	BOOL	FALSE	
VAR	RS1	RS		
VAR	TON1	TON		
VAR	ACTIVA_DUCHA	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	BOMBA_MA	BOOL	FALSE	
VAR_EXTERNAL	BOMBA_AU	BOOL	FALSE	
VAR				
VAR_GLOBAL	SELECTOR	X0 %IX0.0	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	SENSOR_NIVEL	X3 %IX0.3	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	SENSOR_VACA	X5 %IX0.5	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	BOMBA	Y1 %QX0.1	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	PULSADOR_BOMBA	X4 %IX0.4	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	BOMBA_MA	R30 %MX0.3.0	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL	BOMBA_AU	R31 %MX0.3.1	BOOL	FALSE
VAR_GLOBAL				

Anexo 9. Declaración de variables.

Producto:

GARRAKIL

Emulsión para baños de aspersión/inmersión
Antiparasitario Externo

FICHA TÉCNICA

Composición:

Cada 100 mL contiene:	
Cipermetrina	20 g
Excipientes c.s.p.	100 mL

Presentaciones:

Frasco x 20 mL
Frasco x 100 mL
Frasco x 1000 mL



Indicaciones:

Para el control y tratamiento de ectoparásitos en el ganado bovino, ovino y equino e infestaciones de insectos en las instalaciones pecuarias.

Especies y Dosis:



Para baños de aspersión, diluir 1 mL por cada litro de agua. Fumigar los animales con suficiente líquido hasta mojar bien cada animal dirigiendo la boquilla en sentido contrario al pelo para mayor penetración.

Para baños de inmersión un litro de Garrakil por mil litros de agua. Para mantener el volumen de agua del baño agregar 1.5 mL por cada litro de agua, hasta completar el nivel adecuado.

Registros:



Ecuador Reg. No. 3B1-3495-AGROCALIDAD
Guatemala MAGA No. EC432-43-02-3561
Perú Reg. SENASA No. F.07.08.I.124
Panamá: RF-9071-21

Periodo de Retiro:

Carne: 2 días
Leche: 2 días

Aplicación:

En baños por aspersión o inmersión.

Advertencias:



Grado de toxicidad II.

No hay antídotos. En caso de intoxicaciones accidentales llame a un Médico.

Lávese las partes afectadas con abundante agua y jabón.

Almacenar en un lugar fresco y seco a una temperatura no mayor a 30°C, protegido de la luz.

Mantener fuera del alcance de los niños y animales domésticos.

Venta bajo prescripción Médico Veterinaria.

ELABORADO POR JAMES BROWN PHARMA C.A.

Av. Interoceánica (E28C) Km. 23 1/2,
Sector El Rosal, Barrio La Libertad, Pífo.
Quito - Ecuador
PBX: (593-2) 399-7000
www.jamesbrownpharma.com



Uso Veterinario

MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE GANADO

El sistema semiautomático de lavado para ganado vacuno fue desarrollado pensando en el entorno rural de la concordia y en la necesidad de facilitar el trabajo diario a los operarios. Esta solución eléctrica integra un tablero de control móvil, sencillo de instalar, seguro, y capaz de funcionar tanto en modo manual como en semiautomático, adaptándose a las condiciones y ritmo de trabajo en el campo.

Con el fin de brindar mayor practicidad, el tablero está acompañado por un pendant box que el operario puede tener siempre a mano. Este permite el encendido manual de la bomba mediante un botón verde, así como el acceso inmediato a un paro de emergencia, garantizando seguridad en todo momento. Además, el sistema está equipado con indicadores luminosos (LEDs) que muestran claramente el estado de funcionamiento, en la Figura 48 se identifican los elementos externos del tablero.

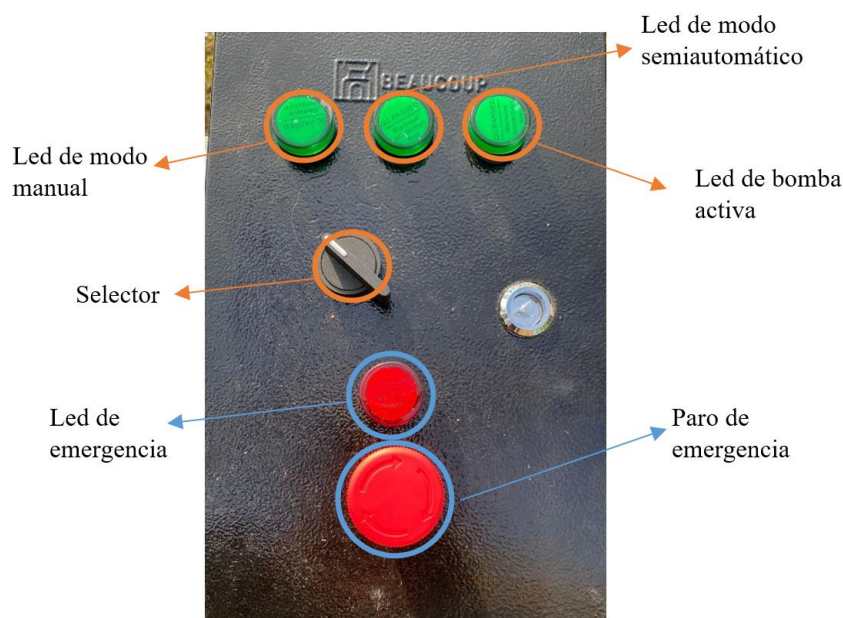


Figura 49. Elementos externos del tablero.

1. Preparación e instalación del tablero

a. Ubicación del tablero

- Colocar el tablero de control en su estructura metálica de soporte, asegurándose de que encaje correctamente sobre el riel empotrado.
- Verificar que el tablero quede fijado de forma estable.

b. Conexión de periféricos

- Conectar el conjunto de sensores (sensor de nivel y sensor de presencia) mediante el conector de 5 pines.
- Conectar el motor de la bomba al conector de 2 pines identificado en la parte inferior del tablero.
- Conectar el cable de alimentación a una fuente de 110 V monofásica (fase y neutro).

c. Verificación del sistema

- Se debe confirmar que los Leds indicadores se enciendan de forma correspondiente al estado inicial del sistema.
- Verificar que el sensor de nivel esté detectando líquido en el tanque. Si el sensor de nivel no detecta agua, el sistema no permitirá la activación de la bomba en ningún modo de operación.

2. Identificación de indicadores luminosos (LEDs)

En la Tabla 23 se muestra la configuración y significado de cada led dentro del tablero de control.

Tabla 23. Distribución de los leds

LED	Color	Descripción
LED de emergencia	Rojo	Se activa cuando se ha presionado algún botón de paro de emergencia.
LED de modo manual	Verde	Indica que el sistema se encuentra en modo manual.
LED de automático	Verde	Indica que el sistema está en modo automático.
LED de bomba activa	Verde	Se activa cuando la bomba está energizada y en funcionamiento.

3. Modo de operación manual

a. Activación del modo manual

- Colocar el interruptor selector en la posición izquierda, correspondiente al modo manual.

- El led verde de modo manual se encenderá indicando que el sistema está listo para funcionar en este modo.

b. Funcionamiento del modo manual

- El operario debe mantener presionado el botón verde ubicado en el pendant box para que la bomba se active.
- Mientras el botón permanezca presionado, el sistema enviará la señal de mando al contactor, activando la bomba.
- Al soltar el botón, la bomba se desactiva de forma inmediata.
- Este modo de operación permite control directo y continuo por parte del operario.
- Si no se detecta nivel de agua en el tanque, la bomba no se activará, incluso si el botón está presionado.

4. Modo de operación automático

a. Activación del modo automático

- Colocar el interruptor selector en la posición derecha, correspondiente al modo automático.
- El led verde de modo automático se encenderá indicando que el sistema está funcionando en esta modalidad.

b. Funcionamiento del modo automático

- El sistema permanecerá a la espera de una señal válida proveniente del sensor de presencia.
- Si un animal es detectado durante un período continuo mayor a 5 segundos, se interpreta como una detección válida.
- El controlador activará una salida digital, energizando un relé intermedio, que a su vez activará el contactor de la bomba.
- La bomba permanecerá en funcionamiento durante un tiempo preestablecido de 10 segundos.
- Al finalizar este período, la bomba se apaga automáticamente.

- Si el sensor de nivel detecta ausencia de agua, el sistema inhibirá la activación de la bomba, incluso si hay detección de presencia.

5. Paro de emergencia

El sistema cuenta con dos botones de paro de emergencia tipo hongo:

- Uno está ubicado en el tablero.
- El otro se encuentra integrado en el pendant box, al alcance directo del operario.

Ambos botones están cableados en serie. Si uno de ellos es presionado:

- Se interrumpe de inmediato el circuito de control.
- La bomba se apaga automáticamente.
- Se enciende el LED rojo indicando que el sistema está en estado de emergencia.

Para restaurar el sistema, se debe girar el botón de paro en sentido horario hasta que se libere. Luego, el operario podrá reactivar el sistema en el modo deseado.

Mantenimiento del sistema de limpieza de ganado

El mantenimiento en el sistema permite asegurar su correcto funcionamiento, permite alargar su vida útil y prevenir fallo que puede generar costos mayores o interrupciones en el sistema. Según la Tabla 24, permite detectar desgastes obstrucciones o fallas en el componente del sistema antes de que se produzca un daño mayor.

Tabla 24. Mantenimiento del sistema de limpieza de ganado

Componente	Actividad	Periodicidad				
		Quincenal	Mensual	Trimestral	Semestral	Anual
1	Motor	Limpieza de carcasa y revisión de conexiones eléctricas				
2	Tuberías	Ajuste y prueba hidráulica				
3	Aspersores	Limpieza y ajuste				
4	Tablero	Revisión y ajuste de terminales				
5	Pendant Box	Prueba y Ajuste				
6	Sensor presencia	Limpieza y ajuste				
7	Tendido eléctrico	Revisión del sistema eléctrico y comprobación de continuidad				