



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA INCUBADORA CON TEMPERATURA
CONTROLADA Y MONITOREO DE PH PARA LA CRIANZA DE
RANAS EN FASES EMBRIONARIA Y DE METAMORFOSIS PARA EL
ZOOLOGICO AMARU**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTORES: BRIAN SEBASTIAN GONZALEZ SIGUENZA
WILLIAN DAVID JARA CABRERA**

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, PH.D.

Cuenca – Ecuador

2024

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Brian Sebastian Gonzalez Siguenza con documento de identificación N ° 0106232127 y William David Jara Cabrera con documento de identificación N° 010558823; 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.

Cuenca, 28 de febrero de 2024

Atentamente,



Brian Sebastian Gonzalez Siguenza
0106232127



William David Jara Cabrera
0105518823

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

Nosotros, Brian Sebastian Gonzalez Siguenza con documento de identificación N° 0106232127 y William David Jara Cabrera con documento de identificación N° 0105518823, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Diseño de una máquina incubadora con temperatura controlada y monitoreo de ph para la crianza de ranas en fases embrionaria y de metamorfosis para el zoológico Amaru", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero 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.

Cuenca, 28 de febrero de 2024

Atentamente,



Brian Sebastian Gonzalez Siguenza
0106232127



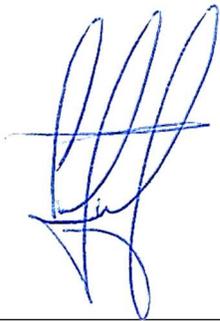
William David Jara Cabrera
0105518823

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACION

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N°0103898318, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO DE UNA MÁQUINA INCUBADORA CON TEMPERATURA CONTROLADA Y MONITOREO DE PH PARA LA CRIANZA DE RANAS EN FASES EMBRIONARIA Y DE METAMORFOSIS PARA EL ZOOLOGICO AMARU, realizado por Brian Sebastian Gonzalez Siguenza con número de identificación N°0106232127 y por William David Jara Cabrera con número de identificación N°0105518823, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 28 de febrero de 2024

Atentamente,



Ing. Cristian Leonardo García García, PhD.

0103898318

Dedicatoria

Brian Sebastian

Este trabajo de titulación está dedicado:

A Dios y a la Virgen, quienes fueron mis guías para realizar esta meta que anhelado tanto, también les doy gracias por brindarme salud en el transcurso de la carrera universitaria.

A mis padres Darío y Mariana, quienes, con sus sabias palabras, su paciencia y su cariño me supieron impulsar siempre hacia adelante en todo, a mis hermanas Belen y Julisa quienes de alguna manera han sido de mucha ayuda en los momentos que más mal estuve.

Reconozco de igual manera, a mi tío Jaime Siguenza quien fue el promotor en el transcurso de mi vida universitaria, ya que sin su ayuda no me pudiera haber inscrito en la universidad.

Gratifico a toda mi familia que de alguna manera me supieron apoyar, de manera especial recalco a mi tío Vinicio Gonzalez quien me brindo por un tiempo su hogar para poder vivir.

William David

El presente trabajo de titulación está principalmente dedicado a mis padres Hernán y Patricia quienes han sido mi guía en todo momento de mi vida. Agradezco infinitamente el apoyo que he recibido para poder cumplir mis metas y sueños.

También a mis hermanos Pablo y Kari que han sido un ejemplo para mi durante toda mi vida, y quienes brindándome su cariño, cuidado y apoyo incondicional me han impulsado a cumplir este objetivo.

Finalmente dedico este trabajo a mis seres queridos y amigos que me han animado y apoyado para conseguir esta meta.

Agradecimientos

Brian Sebastian

Ante nada agradezco a Dios por darme fuerza de avanzar y seguir adelante en este proceso de crecimiento académico y personal.

Agradezco profundamente a mis padres, hermanas, abuelos, tíos, por su valioso apoyo moral el cual ha sido de suma importancia para poder lograr esta meta académica, recalco a mi padre **Darío** quien tuvo que emigrar en tiempos de pandemia para poder ayudarnos económicamente, le doy las más sinceras gracias y este trabajo de titulación está dedicado de manera especial para él.

De igual manera me gustaría agradecer a mi tutor del proyecto de titulación Ing. Cristian García, quien con su paciencia y conocimientos supo guiarnos en el desarrollo de todo este proyecto con su calidad humana y profesional, así mismo hacerle llegar mis más sinceros agradecimientos al Ing. Paul Chasi por apoyarme cuando estuve realizando mi primera tesis.

Finalmente doy gracias a mis amigos quienes fueron de gran ayuda en toda mi etapa universitaria y a mi compañero de tesis David quien estuvo apoyándome a desarrollar este proyecto de titulación.

William David

En primer lugar quiero agradecer a Dios por permitirme lograr esta meta, además de acompañarme a lo largo de todo este trayecto.

A mis padres les agradezco por darme la oportunidad de conseguir este sueño, por el ejemplo que me han dado de sacrificio, respeto y perseverancia. A toda mi familia que me han dado ánimos en todos estos años.

Mi agradecimiento al tutor de este proyecto el Ing. Cristian García, quien siempre ha estado dispuesto a aportar sus conocimientos y apoyo para poder consolidar este trabajo. Agradezco al Ing. Eugenio Cárdenas quien siempre estuvo dispuesto a ayudarnos con sus conocimientos.

Mi agradecimiento a mi compañero Sebastian por su colaboración y aporte de sus conocimientos para cumplir cada etapa de este proyecto.

Finalmente agradezco al Sr. Fausto Siavichay y a los miembros del zoológico Amaru quien nos brindaron los datos necesarios para realizar este proyecto.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	II
CERTIFICADO DE DIRECCION DEL TRABAJO DE TITULACION	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PROBLEMA.....	1
2.1. ANTECEDENTES	2
2.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
2.3. IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	3
2.4. DELIMITACIÓN	3
2.4.1. <i>Espacial o geográfica</i>	3
2.4.2 <i>Delimitación Temporal</i>	4
2.4.3 <i>Delimitación Sectorial</i>	4
2.5. PROBLEMA GENERAL.....	4
2.6. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	5
3. JUSTIFICACIÓN	5
4. OBJETIVOS	6
4.1. OBJETIVO GENERAL	6
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
5. HIPÓTESIS	6
5.1. HIPÓTESIS GENERAL	7
5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	7
6. MARCO TEÓRICO.....	7
6.1. ANFIBIOS Y SU IMPORTANCIA EN LA ZONA	7
6.2. CICLO DE VIDA DE LAS RANAS	8
6.3. FACTORES QUE AFECTAN AL DESARROLLO DE RANAS	10
6.3.1. <i>Temperatura</i>	10
6.3.2. <i>pH (potencial de hidrogeno)</i>	12
6.3.3. <i>Amoniaco y Nitrito</i>	13
6.4. NIVEL DE AGUA	14
6.5. MÉTODO PARA CRIAR ANIMALES ACUÁTICOS.....	15
6.5.1. <i>Método Ranicultura y Ranarios</i>	15
6.5.2. <i>Método Fry Rack</i>	17

6.6.3 Acuarios Independientes.....	19
6.6. CONTROLADOR	20
6.6.1. Controlador ON/OFF	20
6.6.2. Control en lazo abierto.....	22
6.6.3. Controlador PID	23
7. MARCO METODOLÓGICO	27
7.1. PARÁMETROS NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA INCUBADORA.....	27
7.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA A USAR EN BASE A LAS NECESIDADES	28
7.3. DISEÑO DE CONCEPTO	30
7.3.1. Primer diseño de concepto.....	31
7.3.2. Segundo diseño de concepto.....	32
7.4. FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	33
7.4.1. Primer sistema de funcionamiento (Planta alta).	33
7.4.2. Segundo sistema de funcionamiento (Planta Media).	35
7.4.3. Tercer sistema de funcionamiento (Planta Baja).....	36
7.5. SUBSISTEMA DE HABITÁCULOS	37
7.5.1. Diseño del Subsistema de habitáculos	37
7.6. ESTRUCTURA	45
7.6.1. Diseño Estructura.....	45
7.6.2. Diseño de tablero de control.....	48
7.7. SUBSISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUA.	50
7.7.1. Diseño del Subsistema de recirculación de agua.	51
7.8. SUBSISTEMA DE FILTRACIÓN	68
7.8.1. Diseño del subsistema de filtración.....	68
7.9. SUBSISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA	76
7.9.1. Propuesta de diseño del control de temperatura.....	77
7.9.3. Modelado Matemático del sumidero	87
7.9.3. Diseño del controlador PID usando el método de respuesta en frecuencia.....	92
7.10. SUBSISTEMA DE MONITOREO DE PH.	95
7.10.1. Propuesta de diseño de monitoreo de pH para la máquina incubadora	96
7.11. ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	100
8. RESULTADOS	105
8.1. OBJETIVO ESPECÍFICO 1: ESTABLECER LOS PARÁMETROS INICIALES PARA EL DISEÑO DE LA MÁQUINA INCUBADORA DE RANAS.	105
8.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 2: PROPUESTA DEL DISEÑO MECÁNICO Y ELECTRÓNICO DE LA MAQUINA INCUBADORA DE RANAS.	107
8.3. OBJETIVO ESPECÍFICO 3: ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MAQUINA INCUBADORA DE RANAS.....	110
9. CONCLUSIONES	111
10. RECOMENDACIONES	112
11. REFERENCIAS	113
ANEXOS.....	116
A. TABLA DE PROPIEDADES DEL AGUA SATURADA	117
B. COEFICIENTES DE ACCESORIOS	118
C. PLANOS DE LA MÁQUINA Y FUNCIONAMIENTO.	119
D. PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR PID DE TEMPERATURA.	121

Lista de Tablas

1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE UN RANARIO POR MÉTODO DE RANICULTURA.....	17
2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL MÉTODO FRY RACK.....	18
3. CONDICIONES INICIALES DEL LUGAR DE IMPLEMENTACIÓN	28
4. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO	29
5. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO	42
6. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA MATERIALES INSTALACIONES HIDRÁULICAS	53
7. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA MATERIALES INSTALACIONES HIDRÁULICAS	55
8. DATOS TÉCNICOS DE LA BOMBA WP-305S.....	67
9. DATOS TÉCNICOS DE UN FILTRO DE POLIURETANO.....	71
10. PARÁMETROS TÉCNICOS DE UN FILTRO DE POLIURETANO.....	72
11. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVA DE DISEÑO	73
12. CARACTERÍSTICAS DE LOS FILTROS QUÍMICOS.....	75
13. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL ARDUINO MEGA.	79
14. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE TEMPERATURA DS18B20.	79
15. REGISTRO DE TEMPERATURA EN LOS ACUARIOS A UNA TEMPERATURA DE 26°C.....	85
16. REGISTRO DE TEMPERATURA EN LOS ACUARIOS A UNA TEMPERATURA DE 23°C.....	86
17. REGISTRO DE TEMPERATURA EN LOS ACUARIOS A UNA TEMPERATURA DE 20°C.....	86
18. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SENSOR DE PH V2 GRAVITY.....	98
19. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LUCES INDICADORAS.	99
20. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DISPLAY LCD.	99
21. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MÓDULO DE 4 RELÉS.	100
22. ANÁLISIS GENERAL DE COSTOS.	101
23. COSTOS DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA	101
24. COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN.....	102
25. GASTOS DE IMPLEMENTACIÓN.	103
26. ANÁLISIS DE COSTOS DEL DESARROLLO DEL DISEÑO DE LA MÁQUINA.	104
27. PARÁMETROS INICIALES PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	106
28. PARÁMETROS DE DISEÑO MECÁNICO.....	108

29. GASTOS DE INVERSIÓN EN LA MÁQUINA INCUBADORA DE RANAS.	110
---	-----

Lista de Figuras

1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ZOOLOGICO AMARU.....	4
2. CICLO DE VIDA DE UNA RANA	10
3. TERMÓMETRO DE ACUARIO SUMERGIBLE	11
4. CALENTADOR DE AGUA INTERNO	12
5. SENSORES DE PH	13
6. BOMBA DE AGUA DE ACUARIO	15
7. CRIANZA DE RANAS POR RANICULTURA	16
8. ACUARIO BETTA RACK	18
9. ESTADO DE LOS RENACUAJOS EN EL CCA.....	20
10. CONTROL ON/OFF	21
11. DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE CONTROL EN LAZO ABIERTO	23
12. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN CONTROLADOR PID.....	24
13. DIAGRAMA DE BLOQUE DE UN CONTROLADOR PID.....	25
14. DISEÑO DEL MARCO METODOLÓGICO DEL SISTEMA.	26
15. PRIMER DISEÑO DE CONCEPTO	31
16. SEGUNDO DISEÑO DE CONCEPTO.....	32
17. DISEÑO DE LA MÁQUINA CON SUS SUBSISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO.....	33
18. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA ALTA	34
19. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA MEDIA.....	35
20. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA BAJA.....	36
21. DIMENSIONES DEL ACUARIO SIN REBOSADERO	38
22. DIMENSIONES DEL ACUARIO CON REBOSADERO	40
23. HILERAS DE ACUARIO CON REBOSADERO.....	41
24. DIMENSIONES DEL SUMP.....	43
25. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.....	46
26. ANÁLISIS ESTÁTICO- DEFORMACIÓN TOTAL	47
27. ANÁLISIS ESTÁTICO – ESTRÉS GENERADO	48

28. ANÁLISIS ESTÁTICO – FACTOR DE SEGURIDAD.....	48
29. TABLERO DE CONTROL	49
30. TABLERO DE CONTROL UBICADO EN LA ESTRUCTURA.....	50
31. COMPARACIÓN DE SISTEMA DE CIRCUITO ABIERTO CON UN SISTEMA RAS.	52
32. MEDIDAS DE LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA ALTA	60
33. MEDIDAS DE LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA MEDIA.....	62
34. MEDIDAS DE LAS TUBERÍAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA BAJA.....	63
35. SIMULACIÓN DE FLUIDO EN LA PLANTA ALTA DE LA MÁQUINA INCUBADORA.	64
36. SIMULACIÓN DE FLUIDO EN LA PLANTA MEDIA DE LA MÁQUINA INCUBADORA.....	65
37. SIMULACIÓN DE FLUIDO EN LA PLANTA BAJA DE LA MÁQUINA INCUBADORA.	66
38. BOMBA DE AGUA SUMERGIBLE SOBO.	67
39. FLUJO DE AGUA EN LOS FILTROS.....	69
40. ESPUMA DE FOAMEX.	70
41. ESPUMA DE POLIURETANO.	71
42. SERA SIPORAX.	74
43. FILTRO QUÍMICO.	74
44. CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA.	77
45. DIAGRAMA DE BLOQUES.....	78
46. IMPLEMENTACIÓN DEL SUMIDERO DE AGUA.....	81
47. IMPLEMENTACIÓN DE LA RESISTENCIA CALORÍFICA EN EL AGUA.	84
48. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA A.....	85
49. SISTEMA DINÁMICO DE CONTROL DE TEMPERATURA EN EL SUMIDERO.	87
50. DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA.	88
51. DIAGRAMA DE BLOQUES.....	91
52. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROLADOR PID.	93
53. DIAGRAMA DE MONITOREO DE PH.	96
54. DIAGRAMA DE BLOQUES SISTEMA DE MONITORE DE PH.....	97
55. DISEÑO DE LA MAQUINA INCUBADORA DE RANAS.....	106
56. DISEÑO PROPUESTO DE LA MAQUINA INCUBADORA DE RANAS.....	107
57. DIAGRAMA PD DEL PROCESO DE CONTROL DE TEMPERATURA.	109
58. DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DE PH.	109

Resumen

En el zoológico Amaru se encuentra el Centro de Conservación de Anfibios, el cual cuenta con varias especies de ranas de climas tropicales, es necesario para el correcto desarrollo de estos animales controlar condiciones específicas en el entorno que se encuentran. El proceso de crianza que se mantiene en la actualidad en el CCA no es eficiente y presenta diversas fallas lo que ha llevado a tener una elevada tasa de mortalidad en anfibios en sus primeras etapas de vida (Embrionaria y Metamorfosis).

En base a los inconvenientes que surgen en el proceso de crianza se diseña una máquina incubadora con temperatura controlada y monitoreo de pH para la crianza de ranas que contribuye al correcto desarrollo de los anfibios en etapas embrionarias y de metamorfosis, la finalidad de este diseño está en disminuir la elevada tasa de mortalidad de anfibios en sus etapas iniciales por falta de control y monitoreo ante variables críticas.

Inicialmente se realiza un levantamiento de las necesidades dentro del proceso de crianza de anfibios, además mediante un estudio previo del estado del arte de equipos que sea capaces de cumplir con el trabajo requerido, posterior se ha determinado las dimensiones y los sistemas que forman parte del diseño.

Para finalizar se ha analizado el costo de diseño, construcción e implementación de la máquina incubadora de anfibios, este análisis se realiza con la finalidad de conocer si es factible construir e implementar el proyecto.

Palabras clave: Crianza de ranas, Control de temperatura, Monitoreo de pH, Diseño mecatrónico.

Abstract

The Amphibian Conservation Center (CCA) at Amaru Zoo houses several species of frogs from tropical climates. It is necessary to control specific conditions in the environment for the proper development of these animals. The current breeding process at the CCA is inefficient and has various flaws, leading to a high mortality rate among amphibians in their initial stages of life (Embryonic and Metamorphosis).

Based on the difficulties encountered in the breeding process, an incubator machine with controlled temperature and pH monitoring is designed for frog breeding. This contributes to the proper development of amphibians in embryonic and metamorphic stages, aiming to reduce the high mortality rate of amphibians in their initial stages due to lack of control and monitoring of critical variables.

Initially, an assessment of the needs within the amphibian breeding process is conducted, along with a previous study of the state of the art of equipment capable of fulfilling the required tasks. Subsequently, the dimensions and systems that are part of the design are determined.

Finally, a cost analysis of the design, construction, and implementation of the machine is conducted to determine the feasibility of building and implementing the project.

Keywords: Frog breeding, Temperature control, pH monitoring, Mechatronic design.

1. Introducción.

Ecuador es considerado en términos de biología como un país megadiverso ya que posee un gran número de especies por unidad de superficie. Hasta el año 2019, el Ecuador describió formalmente más de 600 especies de anfibios, en la que más de 240 especies son endémicas. Se calcula que el 33% de especies de anfibios que se encuentran categorizadas en el país están en riesgo de extinción, y 18 de estas especies posiblemente se encuentren ya extintas. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2019).

El estado crítico en el que se encuentran diferentes especies de anfibios en el país ha llevado a la creación de diferentes proyectos a nivel nacional que buscan criar y reproducir diferentes especies de anfibios en cautiverio con el fin de evitar que desaparezcan, los centros de conservación del zoológico Amaru ubicado en la ciudad de Cuenca y el centro de anfibios Jambatu ubicado en la ciudad de Quito, son lugares que ya se encuentran trabajando en la conservación de anuros. Estos dos centros de conservación tienen sus objetivos alineados con los del proyecto Conservación de Anfibios y Recursos Genéticos (PARG). (Proyecto Conservación de Anfibios y Recursos Genéticos , 2017).

Se propone diseñar una máquina capaz de mantener la temperatura del agua, además que la maquina está en constante monitoreo del nivel de pH. El diseño se realiza considerando los parámetros necesarios que debe cumplir la máquina.

2. Problema.

En este apartado se detalla cuáles son los antecedentes, de igual manera se da una descripción del problema que se ha detectado, la importancia y la delimitación que tendrá este trabajo de titulación.

2.1. Antecedentes

La organización zoológica Amaru cuenta con diversos programas para fomentar la conservación de la biodiversidad ecuatoriana. En el centro de conservación de anfibios (CCA) del zoológico se investiga y desarrolla métodos para criar en cautiverio diferentes especies de ranas de diferentes zonas del país. (Amaru Bioparque Cuenca , 2023).

Este proyecto se enfoca en diseñar una máquina incubadora con temperatura controlada y monitoreo de pH para la crianza de ranas en su fase embrionaria (huevos y embriones) y la fase de metamorfosis (renacuajos), etapas críticas en el desarrollo del animal en la que se ven afectados por diferentes factores de su entorno. El desarrollo óptimo de una rana está completamente relacionado con el clima y la calidad de agua a la que se encuentran expuestas, no controlar adecuadamente estas variables provoca afecciones en la rana, que conducirán a su muerte.

2.2. Descripción del problema

La fase embrionaria y de metamorfosis de la rana son sumamente delicadas para su óptimo desarrollo, y debido al proceso que actualmente se tiene en el zoológico la tasa de mortalidad que existe en las diferentes especies de ranas es críticamente elevada, por lo que el zoológico busca soluciones ante esta dificultad.

El problema que se ha localizado es la falta de control ante variables críticas para el desarrollo de estos animales (temperatura y calidad del agua), mal estado de dispositivos

como termómetros, filtros de agua, oxigenadores, además que se agrupan un gran número de individuos en peceras pequeñas.

2.3. Importancia y Alcances

El interés de este proyecto nace de la necesidad de crear un ambiente con temperatura regulada, y control del pH del agua a la que los renacuajos del Centro de Conservación de anfibios se encuentran expuestos, para de esta manera mejorar el proceso de crianza que se tienen, actualmente el zoológico no cuenta con los mecanismos necesarios para controlar y monitorear las variables climatológicas, e indicadores de pH del agua por lo que el número de ranas que no logran sobrevivir a sus primeras etapas son elevados.

Para el presente proyecto beneficiara al Centro de Conservación de Anfibios del zoológico Amaru, el cual brindara los datos y especificaciones necesarias para realizar este proyecto.

2.4. Delimitación

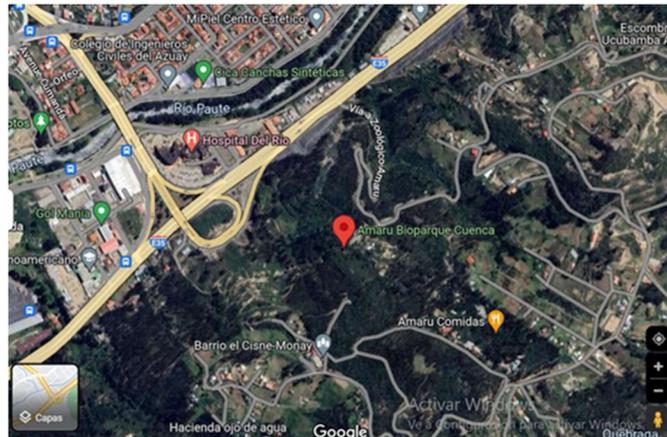
En este espacio se detalla el lugar y el tiempo para desarrollar este trabajo de titulación.

2.4.1. Espacial o geográfica

Este trabajo de titulación está dirigido al centro de conservación para anfibios (CCA), del zoológico Amaru, ubicado en la ciudad de Cuenca, Ecuador en las instalaciones del zoológico.

Figura 1

Ubicación geográfica del Zoológico Amaru



Nota: Ubicación geográfica del zoológico Amaru, de Google Maps, 2024.

2.4.2 Delimitación Temporal

El tiempo en el que se plantea realizar este trabajo de titulación es de 240 horas.

2.4.3 Delimitación Sectorial

La institución donde se realizará el trabajo es en el Zoológico Amaru, la delimitación sectorial corresponde a Servicios.

2.5. Problema General

¿Cuál es el diseño idóneo de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru?

2.6. Problemas Específicos

¿Se podrá establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru?

¿Es factible realizar el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru en base a los parámetros de diseño planteados?

¿Es posible evaluar el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru?

3. Justificación

La importancia de llevar a cabo este proyecto se encuentra en la necesidad que tiene el Centro de Conservación de Anfibios que pertenece al zoológico Amaru en conseguir una máquina que sea capaz de trabajar y cumplir con los parámetros necesarios para la cría de anfibios en sus fases iniciales y de esta manera reducir la elevada tasa de mortalidad que existe. El diseño que se propone en este trabajo busca ser una solución para la fase más crítica que vive el animal en la que las probabilidades de que muera son altas si no se cumple con las variables climatológicas específicas de cada individuo, además de monitorear periódicamente el nivel de pH del agua para garantizar la calidad de agua en la que se encuentran. Varias de las especies de ranas con las que cuenta el zoológico tienen importancia ecológica y cultural, por lo que no se pueden perder.

4. Objetivos

En este apartado se detalla los objetivos tanto generales como específicos de este trabajo de titulación.

4.1. Objetivo General

Diseñar una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru.

4.2. Objetivos Específicos

- Establecer los parámetros iniciales para el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru.
- Proponer una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru.
- Evaluar el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru.

5. Hipótesis

En este apartado se detalla las hipótesis tanto generales como específicos de este trabajo de titulación.

5.1. Hipótesis General

Es posible disminuir la tasa de mortalidad de las ranas en las fases embrionarias y de metamorfosis del zoológico Amaru, mediante la implementación de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH.

5.2. Hipótesis Específicas

Establecer los parámetros iniciales permitirá el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en el zoológico Amaru.

Proponer una máquina con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en el zoológico Amaru en base al diseño planteado, puede disminuir la tasa de mortalidad en las ranas en su fase embrionaria y de metamorfosis.

Evaluar el diseño de una máquina incubadora con control de temperatura y monitoreo de pH para la crianza de ranas en su fase embrionaria y de metamorfosis permitirá saber si el diseño planteado puede ser implementado.

6. Marco teórico

En apartado de marco teórico se realiza la investigación bibliográfica necesaria para realizar este proyecto.

6.1. Anfibios y su importancia en la zona

Los anfibios pertenecen al grupo de los vertebrados, los anfibios presentan ciclos de vida complejos en los que dependen de la lluvia, humedad, y diversos factores ecológicos que actúan de manera recíproca, esto lleva a que los anfibios sean sensibles a perturbaciones atmosféricas. (Muñoz & Ramos , 2006).

Los anfibios como sapos, ranas, salamandras son fundamentales en un ecosistema ya que son un eslabón medio en la cadena de flujo de nutrientes y energía, además de servir como fuente de medicinas gracias a que pueden producir sustancias con propiedades analgésicas y antibióticas, además de tener importancia cultural ya que las ranas y sapos tienen significados simbólicos que los relacionan con la vida y la fertilidad. (Blaustein, 2007)

El Ecuador es el cuarto país a nivel mundial en contar con más especies de anfibios, además el Ecuador es el país con la mayor concentración de sapos y ranas por unidad de área del mundo. La densidad de ranas y sapos del Ecuador es de 2440 especies por cada millón de km², lo que es el doble del segundo país Papua Nueva Guinea (832 especies por cada millón de km²). (Amaru Bioparque Cuenca , 2023)

El Ecuador es el tercer país a nivel mundial en contar con número de especies que se encuentran en peligro de extinción o amenazadas. Cerca de un tercio de los anfibios que se han documentado en el Ecuador se encuentran en peligro de extinción y varias especies podrían estar ya extintas. (Ron, Guayasamin, & Menéndez, 2011).

6.2. Ciclo de vida de las ranas

Los anuros son animales que cuentan con 4 etapas a lo largo de su vida:

- Fase Embrionaria

- Fase Eclosión del embrión
- Metamorfosis de los renacuajos
- Reproducción

Los anfibios son animales ovíparos, y utilizan la estrategia reproductiva R, que consiste en que los individuos depositan una cantidad grande de huevos y después no invierten mayor esfuerzo en proteger a las crías, esperando que del gran número de huevos depositados un pequeño grupo pueda sobrevivir y llegar a edad adulta. (Novillo, 2022) .

El embrión de las ranas es la primera fase del desarrollo, empezando en el ovulo de la madre, que luego será depositado en un estanque de agua hasta que se realiza la eclosión o nacimiento. (Sourav, 2023) El diámetro promedio de los huevos de ranas es de 2mm. La calidad del agua es sumamente importante en esta etapa, pues la capa del huevo que rodea al animal absorbe el agua del estanque para crear una barrera protectora contra lesiones e infecciones.

Después de la fase embrionaria, el animal sale del huevo y puede ya sobrevivir por sí solo, la rana en esta etapa se llama renacuajo, cuenta con aletas y escamas que le permiten desarrollarse bajo agua hasta que sea momento de la metamorfosis. (Novillo, 2022).

Figura 2

Ciclo de vida de los anfibios: Ranas



Nota: Tomado de Ecología Verde [Fotografía] Novillo, 2022,

En este proyecto se enfocará en la fase embrionaria y parte de la fase de metamorfosis de la rana, etapas en las que el animal se desarrolla en un ambiente exclusivamente acuático.

6.3. Factores que afectan al desarrollo de ranas

Las larvas de anfibios ven su desarrollo afectado por diferentes factores que interactúan entre sí. Los principales factores que alteran el correcto desarrollo de estos animales son:

- Temperatura
- Nivel de pH del agua
- Nivel de Amoniac, nitratos

6.3.1. Temperatura

Los anfibios son animales ectotermos, es decir que cuentan con una condición en la que su temperatura corporal varía directamente con la temperatura del ambiente en la que se encuentra. (Castellanos, 2020). El cambio de la temperatura influenciará en el comportamiento que tengan estos organismos, afectando potencialmente en el nivel de población de los anfibios, además de contribuir en su desaparición. (Blaustein, 2007). El

aumento de la temperatura en etapas de embrión y de larva puede generar daños morfológicos, histológicos, modificar los tiempos de estas etapas además de que puede interrumpir el proceso embrionario. (Bachmann, 1969).

Existen diferentes larvas de anfibios en el Centro de Conservación de Anfibios del zoológico, y dependiendo a la especie que pertenezca necesitará que el agua de su hábitat se encuentre a una temperatura que permita que el individuo se desarrolle sin problemas. (Amaru Bioparque Cuenca , 2023).

- **Termómetro.**

Actualmente en el CCA, un operario es el encargado de revisar la temperatura del agua a la que están expuestas los anfibios mediante un termómetro de acuario sumergible de mercurio, este termómetro se introduce en el agua haciendo que la temperatura que indica sea la del agua independientemente de la temperatura que hay en el ambiente. La medición se realiza de manera periódica y solamente en las especies que necesitan de una temperatura fija.

Figura 3

Termómetro de acuario Sumergible



Nota: Termómetro de acuario Sumergible. Tomado de Guía de Acuarismo [Fotografía] Mercado Acuático, 2015.

- **Termostato**

Un termostato de acuario es un dispositivo que tiene como finalidad controlar la temperatura a la que se encuentra agua de ciertas especies, este dispositivo está diseñado con una sonda que es encargada de medir la temperatura y activar o desactivar un calentador que aumenta gradualmente la temperatura del agua. Existen termostatos de diferente potencia, es necesario saber la cantidad de agua que se desea calentar para elegir correctamente el dispositivo. (Fontaneria Lucero, 2022).

En el CCA, se utiliza calentadores sumergibles de acuario de 100W que pueden calentar de 10 a 50 litros de agua hasta una temperatura de 34°.

Figura 4

Calentador de agua Interno



Nota: En la figura 4 se presenta un tipo de calentador sumergible utilizado en acuarios de agua dulce. (Portillo, 2021)

6.3.2. pH (potencial de hidrogeno)

El pH es la medida de iones de hidrogeno que está presente en el agua, el pH es considerado como un contaminante secundario (Adam & Jim , s/f). Los renacuajos son

depositados en agua, por lo tanto, el nivel del pH es un factor crítico para el desarrollo de estos animales siendo la acidez un factor letal para el embrión, o afectando su crecimiento, habilidad de forrajeo o para evadir depredadores.

Existen varias especies de anfibios en el CCA que son muy vulnerables ante aumento y disminución del nivel de pH del agua, por lo que el zoológico cuenta con un sistema que reduce y mantiene la acidez necesaria del agua para que los renacuajos se desarrollen sin problemas.

Los operarios del CCA toman muestras de manera periódica del agua de las peceras, que posteriormente serán examinados, este proceso es demorado y no siempre es eficiente ya que no se cuenta con dispositivos que muestren la acidez o alcalinidad en tiempo real, sino que primero deben ser examinados en un laboratorio.

Figura 5

Sensores de pH



Nota: En la figura 5 se presenta a diferentes sensores usados para medir nivel de pH disuelto en el agua. (Carbotecnia, 2021)

6.3.3. Amoniac y Nitrito

El amoníaco es un elemento que resulta tóxico para un ambiente acuático y depende de manera directa de la escala del pH en la que se encuentre el agua. Los anfibios que se encuentran en un hábitat acuático excretan la mayoría de sus desechos nitrogenados de forma de amoníaco. (Rovedatti, 1995). El amoníaco producido por las excreciones de los anuros, y los restos de comida que se encuentren en la pecera con el tiempo se oxidarán convirtiéndose en nitritos que resultan letales para los anfibios.

Lo ideal es no contar con nitritos en la pecera, y para lograr esto es fundamental que se realice un cambio de agua de la pecera de manera periódica del 50% al 30% para eliminar cualquier contaminante del agua.

En el CCA la medición de niveles de nitrito se hace regularmente extrayendo una muestra de agua que luego será examinada en un laboratorio para confirmar la presencia de nitritos, y al confirmar una presencia alta de nitritos se realiza un cambio parcial del agua en la pecera. Existe el problema que al realizar el cambio de agua de las peceras se realiza de manera manual y en este proceso se suelen perder algunas de las larvas de anfibios.

6.4. Nivel de agua

Mantener un nivel de agua correcto es importante para asegurar que nuestros anfibios se puedan desarrollar sin mayores problemas. Para mantener el nivel de agua se necesitan dispositivos como bombas de agua y sensores de nivel.

- Bomba de agua

Una bomba de agua es una maquinaria utilizada con la finalidad de bombear agua de un lugar a otro moviendo un fluido comúnmente agua. (Electrobombas Javea , 2018). Cuando se habla de acuarios existen diferentes variedades de bombas, y pueden ser clasificadas por:

- Volumen de trabajo

- Sumergibles
- Bomba de agua en línea

El parámetro principal para la elección de la bomba de un acuario es el volumen al que trabaja y la presión de salida del agua.

Figura 6

Bomba de agua de acuario



Nota: En la figura 6 se presenta a una bomba externa utilizada en acuarios. (Riego Ecuador , 2023)

6.5. Método para criar animales acuáticos

Existen diferentes métodos para criar animales acuáticos, enfocándose en las primeras etapas de las ranas, a continuación, se describirá los métodos que existen hoy en día.

6.5.1. Método Ranicultura y Ranarios

La ranicultura es una actividad que tiene como propósito la crianza controlada de anuros (sapos y ranas), principalmente con fines comerciales, pero además es usado para la investigación científica, para educación, divulgación y para conservación de especies en peligro. El espacio donde se desarrollan las ranas se lo conoce como ranario. (Ramírez, 2017).

Un ranario debe contar con diferentes componentes que permitan que la rana se desarrolle sin mayores inconvenientes, esto incluye sistema de tratamiento del agua, sistema para mantener la temperatura en condiciones óptimas, además de tener contar con medidas de seguridad que permita minimizar el riesgo de enfermedades.

Figura 7

Crianza de ranas por ranicultura



Nota: En la figura 7 se muestra la crianza de ranas por medio del método de ranicultura (Panorama de Acuicultura, 1992)

En la figura 6 se puede observar un ranario utilizado para ranicultura, es un espacio grande que cuenta con un estanque de agua en la mitad donde las ranas pueden realizar la etapa embrionaria, así como pasar su fase de larva.

La tabla 1 muestra ventajas, desventajas posibles de un sistema de crianza de ranas basado en el modelo de la ranicultura.

Tabla 1

Ventajas y desventajas de un ranario por método de ranicultura.

Ventajas	Desventajas
Se puede criar un gran número de individuos.	Se necesita de un lugar amplio para su instalación.
Ideal para especies de ranas que no sean altamente vulnerables a cambios de temperatura.	No está diseñado para controlar la temperatura del agua en caso de que una especie lo necesite.
Ideal para especies de ranas que puedan soportar niveles altos de pH, así como contaminación por nitritos.	Difícil de limpiar y realizar cambios de agua.
	Costo de implementación elevado.
	Está diseñado para albergar solamente a una especie de rana.
	Se necesita grandes cambios de infraestructura dentro de la planta

Nota: La tabla 1 muestra las posibles ventajas y desventajas del método de crianza mediante ranicultura.

6.5.2. Método Fry Rack

Es un método diseñado para criar a animales acuáticos en sus etapas iniciales. Este tipo de sistemas tienen forma de estante, en la que se encuentran diversas peceras pequeñas que

albergaran a un pequeño número de individuos permitiendo tener un control más eficiente sobre el alimento y condiciones del agua.

Comúnmente el método Fry Rack está destinado para criar y exhibir a peces en sus etapas iniciales. El tipo de acuario Fry Rack está pensado para albergar diversas especies de animales acuáticos en un espacio menor si se compara con los acuarios comunes.

Este método es también utilizado en laboratorios dedicados a investigación de peces como el zebrafish, tipo de pez común por ser usado en estudios sobre el desarrollo de los vertebrados.

Figura 8

Acuario Betta Rack



Nota: En la figura 8 se muestra un acuario siguiendo el método Fry Rack (ILA, 2021)

Tabla 2

Ventajas y desventajas del método Fry Rack.

Ventajas	Desventajas
-----------------	--------------------

No necesita de un espacio grande para ser instalado.	No se puede criar tantas ranas
Se puede criar diferentes especies de ranas.	Diseñado solamente para la etapa embrionaria y mientras la rana sea una larva.
El cambio de agua se puede realizar de manera automática	

Nota: La tabla muestra posibles ventajas y desventajas de usar el método Fry Rack

6.6.3 Acuarios Independientes

Actualmente en el CCA, se utiliza diferentes acuarios en los que se encuentran las larvas de ranas. No existe un tamaño estándar y es común ver que algunas peceras cuentan con un número elevado de individuos y otras peceras de dimensiones grandes tener uno o dos ejemplares. Este tipo de sistema para criar a las ranas no es eficiente, ya que al ser varias peceras y ubicadas en diferentes zonas no se puede controlar de manera correcta parámetros como temperatura, nivel de pH, además que los recambios de agua al ser manuales y no realizarse de manera paulatina suelen provocar afecciones a los animales.

Figura 9

Estado de los renacuajos en el CCA.



Nota: La figura 9 muestra cómo se realiza el proceso de crianza de anfibios en la actualidad en el CCA del zoológico.

6.6. Controlador

A continuación, se muestran los tipos de controladores y los tipos de funcionamientos de cada controlador.

6.6.1. Controlador ON/OFF

El controlador ON/OFF, se basa en la configuración de un algoritmo que utiliza como referencia el setpoint para ajustar la variable de control ya sea por encima o por debajo del mismo, este tipo de control presenta una oscilación de las variables a controlar por lo cual el control llega a ser defectuoso (Villajuelca, 2019)

Para el proyecto de la máquina incubadora este tipo de controlador no es de gran ayuda debido a que se requiere que el control sea continuo en el tiempo. El uso de este controlador va a intentar aproximar al setpoint deseado, pero finalmente este control tendrá muchas oscilaciones innecesarias para este sistema sin embargo los valores de control estarían

rondando las temperaturas deseadas, la figura 12 se observa cual es el comportamiento de un sistema de control on/off.

Figura 10

Control ON/OFF



Nota: La figura 10, se presenta el comportamiento de un sistema de control on/off, en el cual se puede apreciar que el controlador alcanza la temperatura deseada del setpoint, pero presenta oscilaciones que hacen que el sistema este en constantes cambios.

6.6.2. Control en lazo abierto

Un sistema de control en lazo abierto es un control que solo tiene como referencia la entrada del sistema y como consecuente tiene una sola salida de control que no necesariamente es la misma de entrada.

Dicho de otro modo, el sistema de control en lazo abierto no existe una señal de retroalimentación hacia el sistema haciendo que el controlador no tome en cuenta una señal de referencia y haciéndolo un control manual.

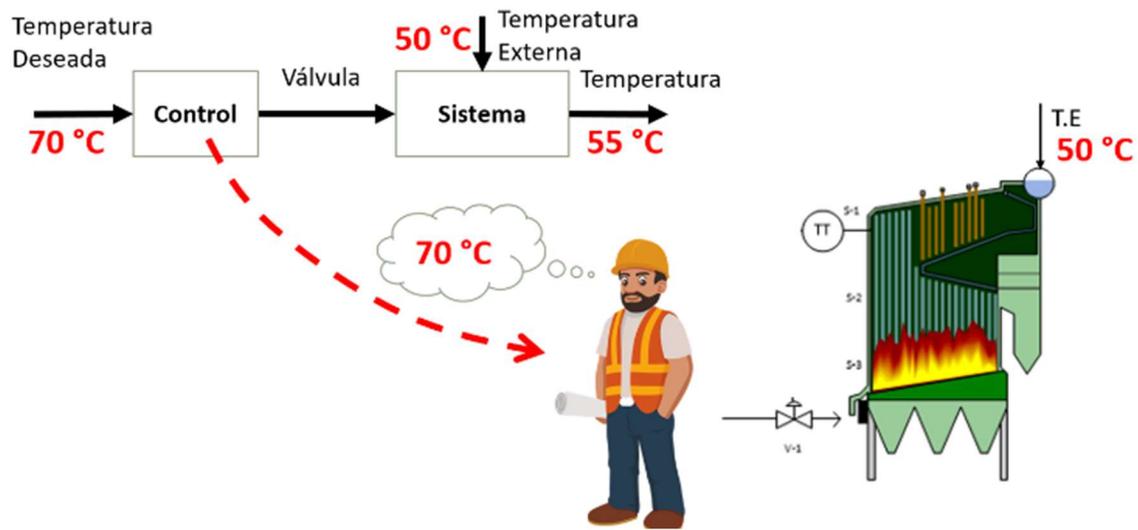
La caracterización de estos sistemas es:

- Su aplicación es fácil, y se considera que son sencillos
- No se asegura su estabilización frente a una perturbación.
- La señal de salida no depende de la señal de entrada
- Frente a una perturbación externa este sistema de control se vuelve inestable
- La calibración del sistema es lo que afecta directamente a la precisión

En la figura 9 se observa el diagrama de bloques de un sistema de control en lazo abierto

Figura 11

Diagrama de un Sistema de control en lazo abierto



Nota: En la figura 11, se muestra el sistema de control en lazo abierto de un proceso que controla la temperatura en una caldera, en el cual se observa que la precisión del controlador depende del operario que no existe una retroalimentación del sistema.

De igual manera este sistema de control no es el correcto para el control de temperatura en el sumidero debido a que se necesita que el sistema sea automático, para ello necesitamos una retroalimentación de las temperaturas que el sistema presenta para tener una correcta precisión en la hora de obtener una temperatura de salida del sumidero.

6.6.3. Controlador PID

En este apartado se expone uno de los controladores más usados en la industria. El controlador PID consta de tres constantes: proporcional, integral, derivativo, que ayudan a precisar la señal de salida de un control.

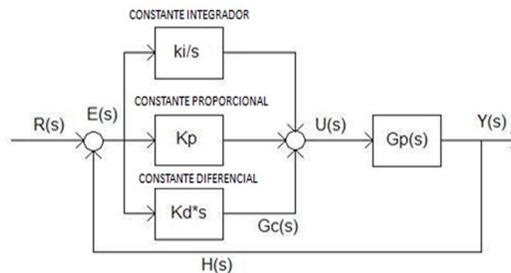
Un controlador PID, es un mecanismo de control por retroalimentación unitaria que calcula el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para ello se debe sintonizar de manera precisa cada una de las ganancias que se presentan en la siguiente ecuación.

$$C(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_{i(s)}} + T_{d(s)} \right)$$

Las ganancias del controlador se observan en la figura 12 en la cual se presenta el modelo de control de un PID:

Figura 12

Diagrama de bloque de un controlador PID.



Nota: Se observa que en la figura 12, muestra el sistema de control PID, en el cual se observa como este sistema de control tiene retroalimentación de referencia que es importante para dar precisión.

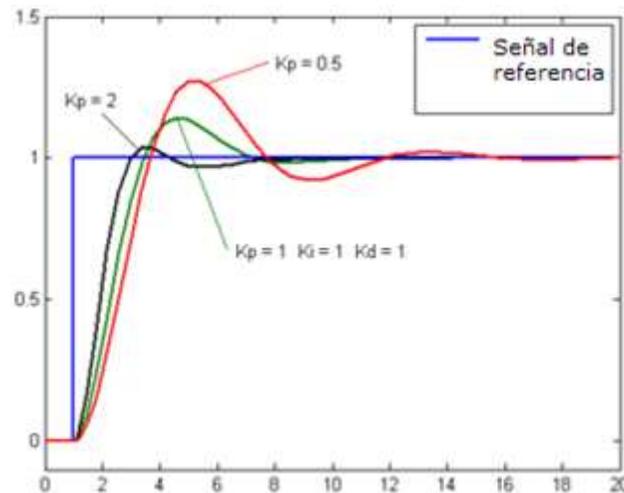
En general las constantes del control cumplen una función en el sistema de control, por ejemplo la acción proporcional determina el comportamiento del error actual del sistema, la acción integral arregla la reacción de la ganancia proporcional a la integral del error, la acción derivativa trata de aproximar la referencia al setpoint del sistema, por otra parte la

ganancia derivativa ayuda a determinar el tiempo en el que el error se produce y reduce el error lo más que puede para aproximar hacia el setpoint deseado.

Este será el modelo de control que se usará para dar precisión al sistema de temperatura del sumidero teniendo una aproximación exacta del sistema tal como se observa en la figura 11, el controlador PID es el más ideal a la hora de generar un sistema de control.

Figura 13

Comportamiento de un controlador PID.



Nota: La figura 13 expone cual es el comportamiento de un controlador PID el cual en algún instante de tiempo calculado llega a estabilizarse sin presentar una inestabilidad al sistema.

Para la realización de este proyecto primero se identificará juntamente con los técnicos del CCA, la especie de rana con la que se pretende trabajar, y se definirá los parámetros que el individuo necesita para desarrollarse (Temperatura, nivel de pH, espacio físico que requieren).

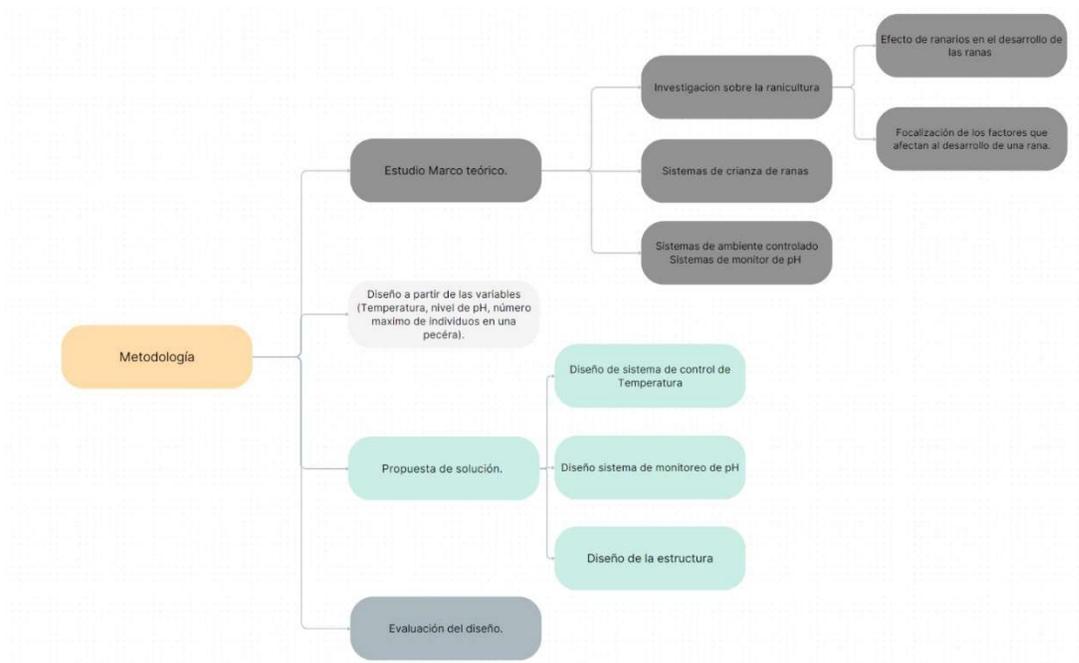
Se trabajará en el diseño que controlará la temperatura del agua, además se propondrá un sistema para monitorear el nivel de pH del agua y un sistema que permita cambiar parcialmente el nivel de agua a la que se encuentran los renacuajos

Ya con el diseño de los sistemas de control de temperatura y monitoreo de pH, se realizará el diseño final de la máquina teniendo en cuenta las dimensiones, tuberías, sensores, cables, actuadores que deben estar presentes.

El diseño se realizará teniendo en cuenta con los materiales que ya cuenta el zoológico, tratando de disminuir los costos y de realizar todo lo que se pueda con materiales reciclados. Finalmente se evaluará si es factible implementar el diseño propuesto.

Figura 14

Diseño del marco metodológico del sistema.



Nota: Metodología que se seguirá para llevar a cabo este proyecto.

7. Marco metodológico

En este capítulo se llevará a cabo el diseño detallado del sistema de control de temperatura, sistema de monitoreo de pH. Para realizar estos sistemas es necesario contar con diferentes sensores y actuadores necesarios para garantizar la temperatura idónea del agua, así como su nivel de pH. Además, se propondrá el diseño de un sistema para facilitar el cambio de agua en la que se encuentran las peceras.

7.1. Parámetros necesarios para el diseño de una máquina incubadora

- *Temperatura del agua*: Depende de la especie de rana, los técnicos del CCA trabajan con ranas que necesitan temperaturas desde 18°C hasta 26 °C.

- *pH del agua*: Para que los renacuajos se desarrollen con normalidad, el pH del agua debe ser encontrarse en un nivel de 5 – 8.

- *Nitritos, nitratos y amoniacó*: El agua no puede estar contaminada por este tipo de elementos que son sumamente dañinos para el animal.

- *Oxigenación*: Es recomendable que el agua de las peceras cuente con oxigenación para ayudar en el proceso de metamorfosis del animal.

- *Cantidad de cloro en el agua*: Una cantidad grande de cloro disuelta en el agua afecta a la membrana que protege al animal en su fase embrionaria.

Humedad: Los anuros en su etapa final de metamorfosis cuando desarrollan sus patas necesitan de diferentes niveles de humedad dependiendo de su especie.

Sistema de cambio de agua: Un sistema que ayude en realizar cambios pequeños cambios de agua en las peceras de manera periódica.

Este proyecto se enfocará en el monitoreo de pH y el control de temperatura del agua en la fase embrionaria y de metamorfosis de los anuros del CCA del zoológico Amaru. Factores como humedad, cantidad de cloro en el agua, oxigenación, concentración de nitritos y nitratos son tratados mediante equipos que ya están instalados en el zoológico.

Adicionalmente se determinaron parámetros que deben ser tomados en el diseño de la máquina.

Tabla 3

Condiciones Iniciales del lugar de implementación

Denominación	Estado		
Espacio de implementación	Largo 200 cm	Ancho 200 cm	Alto 180 cm
Fuentes de energía	Eléctrica (110v)		
Automatizaciones previas	No existe		
Filtros para agua	1 filtro del que se tomara el agua para las peceras		
Peceras	7 peceras que no son aptas debido a que no cuentan con agujero para desfogue de agua.		

Nota: En la tabla 3 se presenta una tabla que da a conocer las condiciones iniciales para implementar la máquina incubadora de ranas

7.2. Selección del tipo de sistema a usar en base a las necesidades

En el apartado de marco teórico ya se revisó los diferentes métodos y sistemas que se puede aplicar para criar animales en ambientes acuáticos, ahora mediante un procedimiento de calificaciones se procederá a evaluar los diferentes métodos para conseguir la mejor alternativa. Se asignará un valor de 1 para los métodos que se considerara que cumplen

completamente las necesidades, un valor de 0.5 se relaciona con un valor medio, y el valor 0 es asignado cuando no se cumple la necesidad.

Tabla 4

Evaluación de alternativa de diseño

Sistema	Control de diferentes valores de temperatura (18°C hasta 26 °C.)	Alberga diferentes especies	Facilidad en el monitoreo de estado del agua	Espacio necesario	Cantidad de ranas que alberga	Costo	Mantenimiento	Facilidad de operación	Resultado
Ranario	0	0	1	0	1	0	0.5	0	2
Fry Rack	1	1	1	1	0.5	1	0.5	1	7
Acuarios Independientes	1	0.5	1	0.5	0	0.5	1	0.5	5

Nota: En la tabla 4 se expone una tabla técnica con descripción alternativa para el diseño.

Se han planteado diferentes criterios que se debe cumplir de acuerdo con los parámetros necesarios que se plantearon con anterioridad, los criterios a tomar en cuenta son:

- **Control de diferentes valores de temperatura:** es necesario que el diseño planteado pueda controlar diferentes valores de temperatura desde 18°C hasta 26 °C.
- **Alberga diferentes especies:** se debe considerar que las especies no pueden convivir en un espacio compartido, es necesario que cada especie cuente con una pecera propia para que se pueda desarrollar.
- **Facilidad en el monitoreo de estado de agua:** Se necesita que el proceso de toma de datos para saber el estado en el que se encuentra el agua sea sencillo.

- **Espacio necesario:** este criterio abarca sobre el espacio que se necesita para implementar el diseño. Debido a las instalaciones del CCA del zoológico es necesario un diseño que sea capaz de caber en una habitación de $6m^2$.
- **Cantidad de ranas que puede albergar:** considerar el número de ranas que se puede criar simultáneamente, teniendo en cuenta que se debe evitar tener una cantidad excesiva de individuos en una pecera.
- **Costo:** el financiamiento y su rentabilidad son aspectos claves al momento de elegir el diseño, esto definirá si es factible implementar o no el diseño.
- **Mantenimiento:** hace referencia a que tan susceptible puede ser el sistema ante fallos, también se refiere al análisis de los elementos críticos que pueden fallar después de un tiempo de uso.
- **Facilidad de operación:** el diseño propuesto debe poder ser manipulado con facilidad por los técnicos del CCA.

Como se observa en la tabla 4 la mejor alternativa corresponde al sistema Fry rack con una calificación de 7, pues como ya se ha visto con anterioridad su configuración permite albergar diferentes especies de renacuajos a diferentes temperaturas, monitorear su nivel de pH, por lo que se considera que es el modelo que mejor cumple las especificaciones de diseño planteadas.

7.3. Diseño de concepto

Con la elección de un diseño que cumpla las especificaciones del proyecto se puede establecer los subsistemas que conformaran a la máquina para que esta pueda cumplir con los objetivos planteados. Se observa en la figura 9 el diseño conceptual de la máquina incubadora junto con los subsistemas que lo conforman.

7.3.1. Primer diseño de concepto

Para generar el diseño de la máquina incubadora se realizó la investigación de los parámetros necesarios para la máquina, en base a esto se realizó un primer diseño de concepto el cual se presenta en la figura 15, pero este diseño no se acopla a las necesidades requeridas por el centro de conservación de anfibios en cuanto a dimensionamiento.

Figura 15

Primer Diseño



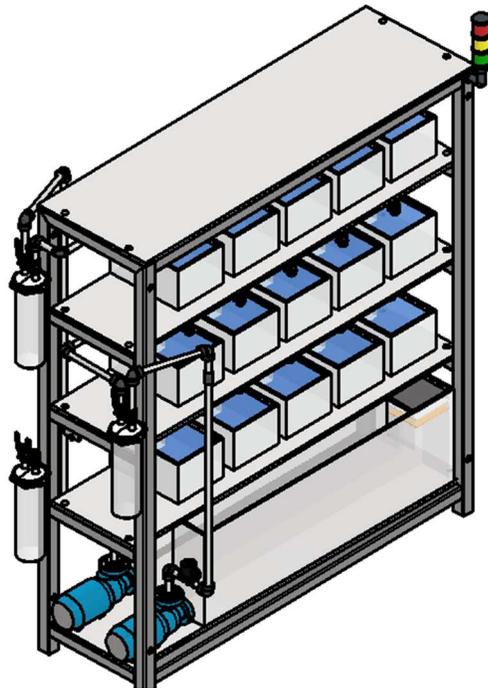
Nota: El primer diseño conceptual que se extrapolo tomando en consideración los elementos mecánicos de la estructura, sin embargo este diseño no cuenta con las dimensiones requeridas del centro de conservación de anfibios.

7.3.2. Segundo diseño de concepto

Para generar el segundo diseño de la máquina incubadora se realizó con las características previas que se extrapolaron en el primer diseño de concepto, pero para este diseño se tomó en consideración los cambios sugeridos en cuanto a dimensionamiento de tal manera que el diseño como se observa a continuación.

Figura 16

Segundo diseño de concepto



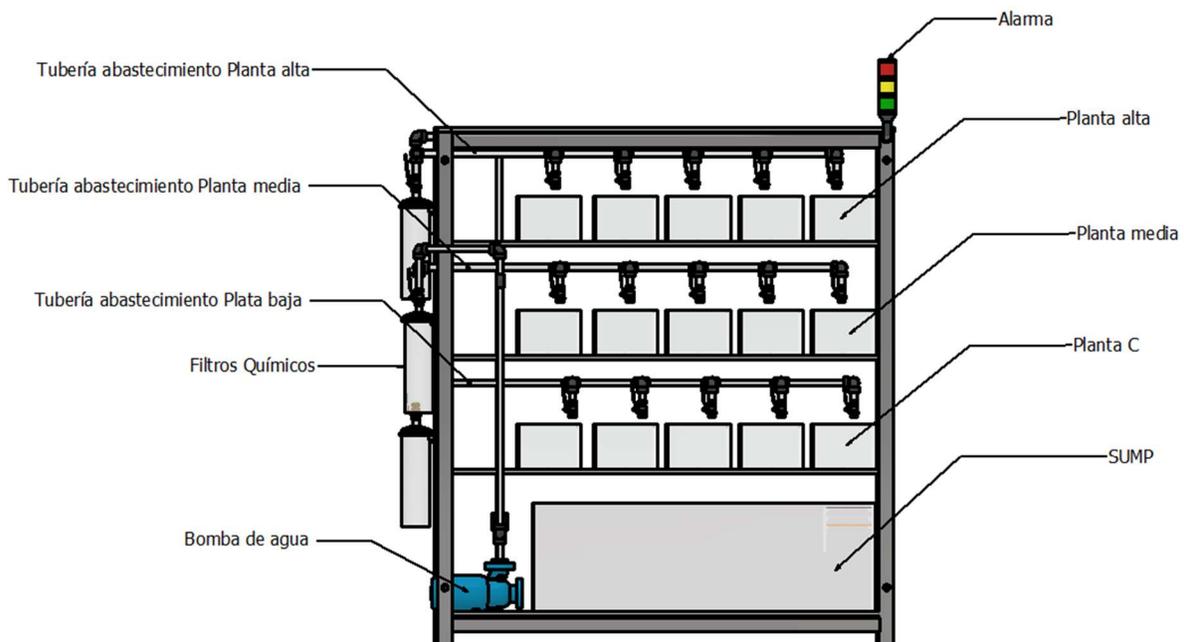
Nota: Se presenta el segundo diseño de concepto en el que se toma en consideración el dimensionamiento requerido el cual es de **200x200x60cm**, con estas especificaciones se diseña el sistema en conjunto con los elementos requeridos.

7.4. Funcionamiento de la máquina Incubadora para anfibios

Mediante diagramas en 2D, se explica cuál es el funcionamiento de la maquina incubadora, en la cual se detallan el proceso de flujo de agua en los tres subsistemas que se dividieron, tal como se a continuación.

Figura 17

Diseño de la máquina con sus subsistemas de funcionamiento



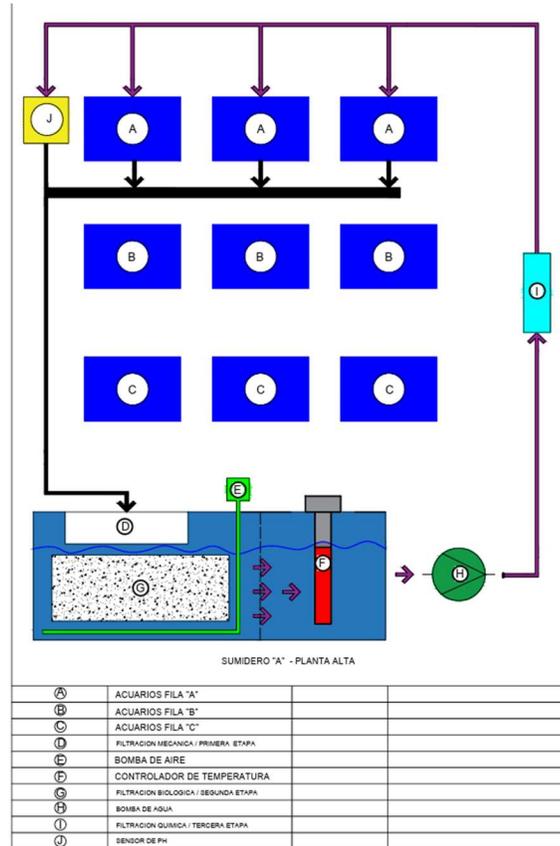
Nota: La figura 17, presenta al segundo diseño de concepto en el que se tiene en cuenta las consideraciones necesarias, en la cual se especifican las partes de la máquina.

7.4.1. Primer sistema de funcionamiento (Planta alta).

En la figura 18 se observa de manera detallada cuales son los diferentes elementos con los que contara la máquina, además la dirección de las líneas indica cual es el sentido en el que circulara el agua, de la planta alta de la máquina.

Figura 18

Diagrama de funcionamiento de la Planta Alta



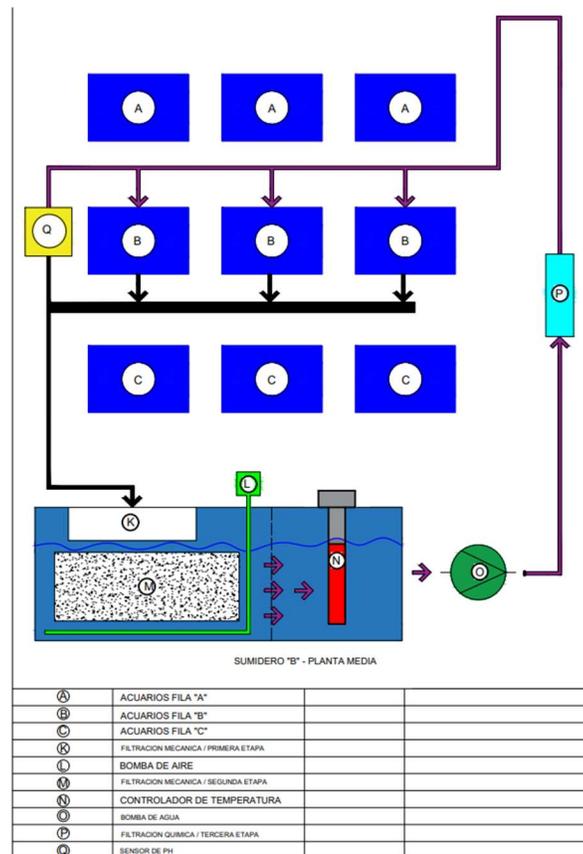
Nota: En esta figura 18 se muestra a detalle los elementos que se utilizaran en la Planta Alta además se detalla el funcionamiento del subsistema, se muestra el funcionamiento la cual cicla el agua para mantener la temperatura deseada al sistema.

7.4.2. Segundo sistema de funcionamiento (Planta Media).

En la figura 19 de igual manera se presenta de manera detallada los elementos con los que contara la máquina en la planta media de la máquina, además la dirección de las líneas indica cual es el sentido en el que circulara el agua.

Figura 19

Diagrama de funcionamiento de la Planta Media.



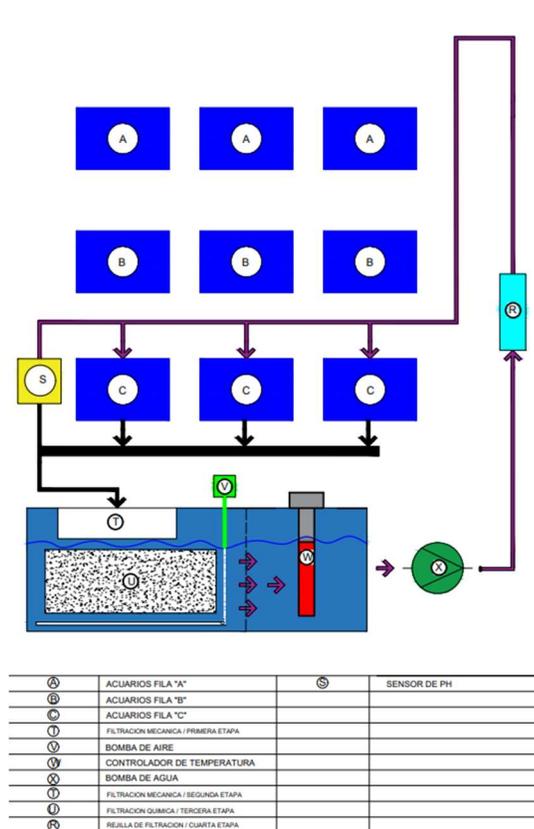
Nota: En esta figura 19 se muestra a detalle los elementos que se utilizaran en la Planta Media además se detalla el funcionamiento del subsistema, se muestra el funcionamiento la cual cicla el agua para mantener la temperatura deseada al sistema.

7.4.3. Tercer sistema de funcionamiento (Planta Baja).

En la figura 20 de igual manera se presenta de manera detallada los elementos con los que contara la máquina en la planta media de la máquina, además la dirección de las líneas indica cual es el sentido en el que circulara el agua.

Figura 20

Diagrama de funcionamiento de la Planta Baja.



Nota: En esta figura 20 se muestra a detalle los elementos que se utilizaran en la Planta Media además se detalla el funcionamiento del subsistema, se muestra el funcionamiento la cual cicla el agua para mantener la temperatura deseada al sistema.

7.5. Subsistema de habitáculos

En este subsistema se encuentran los acuarios en los que se encontrara los anfibios, además se consideran parte de este sistema a los elementos necesarios para drenar y llenar el agua de los habitáculos, a continuación, se enlista a todos los elementos que conforman al subsistema.

- **Acuarios**

Es el lugar donde se encontrarán las ranas en su estado embrionario y parte de su estado de metamorfosis. Existirá 3 filas de acuarios, cada fila se mantendrá a una temperatura concreta. Será determinante los materiales con los que se encuentre construido debido a que debe ser biocompatible para que no genere problemas a los renacuajos.

- **Sump**

El sump es un compartimento que se encuentra en la parte inferior de los acuarios, su función es albergar a los filtros, oxigenadores y calentadores de agua.

7.5.1. Diseño del Subsistema de habitáculos

Como ya se vio anteriormente el subsistema de habitáculo se encuentra conformado por los acuarios, tuberías de abasto y drenaje, actuadores y válvulas. En este apartado se dimensionará y diseñará los diferentes elementos que conforman el subsistema.

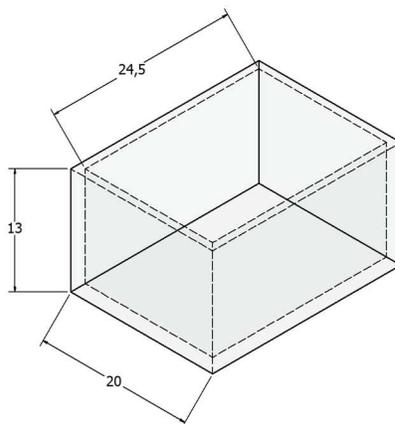
- **Diseño de los acuarios**

Como se expuso en la sección de parámetros de diseño necesarios para la máquina, se debe tener diferentes habitáculos para los renacuajos, en este caso se ha definido que la máquina contara con 15 acuarios independientes en total. Junto con los técnicos del CCA, se ha definido que en cada pecera deben entrar por renacuajos, para lo que se necesita de un volumen de agua mínimo de 6 litros en cada pecera.

Se realizó el diseño de la pecera sin el rebosadero para calcular que el volumen de agua sea mayor a 6 litros. En la figura 21 se observa una representación de la pecera con sus respectivas dimensiones.

Figura 21

Dimensiones de la pecera sin rebosadero



Nota: La figura 21 muestra la pecera con sus respectivas dimensiones sin contar con su rebosadero para desfogar el agua.

La figura 14 muestra el espacio donde se encontrarán los anfibios, para calcular su volumen se aplica la ecuación (1).

$$V = abh \quad (1)$$

a: Ancho del acuario. [m]

b: Largo del acuario. [m]

h: Altura del acuario. [m]

De la figura 14 se toma los datos, y se reemplaza en la ecuación (1), se obtiene:

$$V = (0,22m)(0,13,5m)(0,26m)$$

$$V = 0,007128 m^3$$

Una vez obtenido nuestro volumen (m^3) se convierte a litros (l), usando la relación expresada en (2).

$$1m^3 = 1000 l \quad (2)$$

$$0,007128 = 7,13 l$$

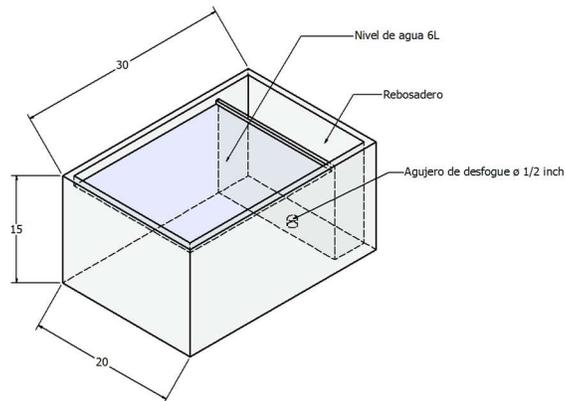
El valor de agua calculado está dentro del rango operativo teniendo como base los 6 litros que se definió para cada acuario.

Una vez que se ha calculado el volumen de agua de agua que estará en cada pecera se procede a diseñar el rebosadero y el agujero por donde se drenará el exceso de agua. Además, se eleva las paredes laterales de la pecera para que el agua solamente se desborde por el rebosadero.

En la figura 22 se puede observar a la pecera con el rebosadero que tiene la finalidad de evacuar el agua cuando esta haya superado el nivel máximo de 6,37 litros, además en el rebosadero se encuentra realizado un agujero pasante que servirá para conectar a los tubos de desfogue.

Figura 22

Dimensiones de la pecera con rebosadero

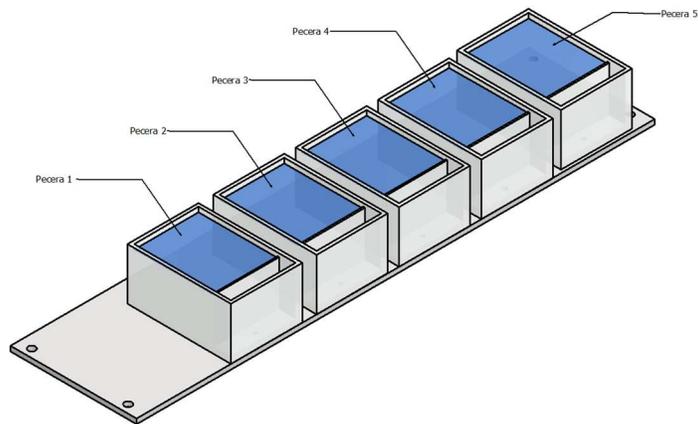


Nota: La figura 22 expone cuáles son las dimensiones de la pecera, con el rebosadero en la parte posterior.

Como primer punto se calcula el volumen individual de cada pecera para posteriormente calcular el volumen total de cada hilera, cada hilera cuenta con 5 acuarios que se encontraran a una misma temperatura. La figura 23 muestra las hileras de 5 peceras que conformaran cada nivel de la máquina.

Figura 23

Hileras de peceras con rebosadero



Nota: En la figura 23 se presenta a las hileras que contienen 5 peceras, en la máquina existen 3 hileras.

$$V_{TH} = V * Ca \quad (3)$$

V_{TH} = Volumen total de hilera. [l]

Ca = Cantidad de acuarios en una hilera.

V = Volumen individual de cada acuario. [l]

$$V_{TH} = 7,13l * 5$$

$$V_{TH} = 35,64 l$$

Para los acuarios deben ser de un material transparente y biocompatible, que permita observar el estado en el que se encuentra el agua, los dos materiales más usados para acuarios y peceras son vidrio y metacrilato. (Nazareno, 2011).

En la tabla 5 se evaluará al vidrio y al metacrilato para escoger cuál de los dos materiales se usará para fabricar los acuarios, Se asignará un valor de 1 para el material que se considerara que cumplen completamente el parámetro correspondiente, un valor de 0.5 se relaciona con un valor medio, y el valor 0 es asignado cuando no se cumple con el parámetro respectivo.

Tabla 5.

Evaluación de alternativa de diseño

Parámetro	Vidrio	Metacrilato
Biocompatible con anfibios	1	1
Resistente al agua	1	1
No se decolora con el tiempo	1	0,5
Fragilidad	0	1
Costo	1	0
Materiales con los que cuenta el zoológico	1	0
Total	5	3,5

Nota: En la tabla 5 se presenta una tabla con la validación alternativa del diseño evaluado.

De acuerdo con la tabla 5, el mejor material entre metacrilato y el vidrio es el último, por lo que para los acuarios se utilizara vidrio.

- **Diseño del Sump**

El sump o también conocido como sumidero es un recipiente de igual o mayor medida que las peceras que se encuentra ubicado fuera del tanque del acuario principal, el sump es el lugar donde llega el agua sucia procedente de los acuarios, y donde se purificará por medio de los filtros mecánicos, biológicos y químicos para luego ser devuelta a los acuarios. En el sump se realizará la filtración del agua, se aumentará su nivel de oxigenación y además controlará la temperatura en la que se encuentra el agua. (Corales y marinos, 2021).

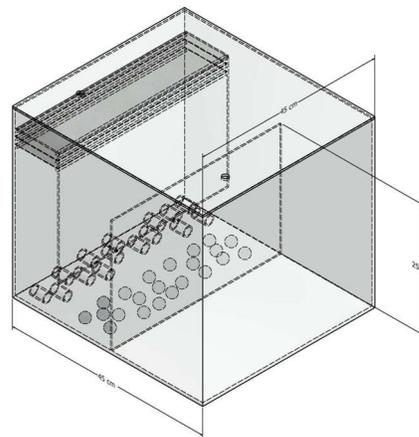
El sump debe ser capaz de albergar a todo el volumen de agua de cada hilera con la finalidad que el agua no se rebose si es que las peceras principales se desborden por completo. Por lo tanto, el volumen debe ser superior al volumen total de cada hilera calculado en (3).

$$V_s > V_{TH} \quad (4)$$

V_s: Volumen del Sump [l].

Figura 24

Dimensiones del Sump



Nota: Se presenta al sump con sus medidas

$$V_s = a_s b_s h_s \quad (5)$$

a_s : Ancho del sump [m].

b_s : Largo del sump [m]

h_s : Altura del sump [m]

De la figura 17 se toma los datos, y se reemplaza en la ecuación (1), se obtiene:

$$V_s = (0,45m)(0,45m)(0,25m)$$

$$V_s = 0,0506 m^3$$

Una vez obtenido nuestro volumen (m^3) se convierte a litros (l), usando la relación que ya se expresó anteriormente en (2).

$$1m^3 = 1000 l \quad (2)$$

$$0,0506m^3 = 50,6 l$$

El sump puede albergar hasta 50,4 litros, se procede a sustituir en la ecuación (4).

$$V_s > V_{TH}$$

$$50,6 l > 35,64l$$

El volumen de agua que puede albergar el sump es mayor al volumen total de agua que se encuentran en las peceras, por lo que se concluye que las medidas del sump son correctas.

- **Volumen de agua total del sistema**

La máquina cuenta con 3 sistemas que funcionaran de manera independiente, el siguiente paso es realizar el cálculo de volumen total de cada sistema mediante la ecuación (6).

$$V_T = V_s + V_{TH} \quad (6)$$

$V_T = \text{Volumen total de agua en cada sistema [l]}$

$$V_T = 50,6 \text{ l} + 35,64 \text{ l}$$

$$V_T = 82,4 \text{ l}$$

El sistema cuando se encuentra funcionando cuenta con 82,4 litros.

7.6. Estructura

La estructura debe ser capaz de abarcar a todos los acuarios, sumideros, y los equipos utilizados para el control de temperatura, cambio de agua automático y monitoreo de pH.

7.6.1. Diseño Estructura

Es necesario que la estructura este fabricada con materiales que puedan resistir la fuerza que se genera debido a los acuarios llenos de agua. Además, las bases en las que se ubicaran las peceras y el sumidero deben ser de un material capaz de resistir la corrosión y al oxido debido a fugas o salpicaduras que puede generar el agua en los acuarios.

Cada repisa contara con 5 peceras que abarcan 7 litros cada una. Al estar trabajando con agua a temperaturas alrededor de 20°C se ha tomado la relación:

$$1 \text{ Litro de agua} = 1 \text{ Kg}$$

Con esta relación se puede sacar el peso total de las peceras cuando estas se encuentran llenas.

$$\text{Masa Total peceras} = 7 \text{ Kg/pecera} * 5 \text{ peceras}$$

$$\text{Masa Total peceras} = 35 \text{ Kg}$$

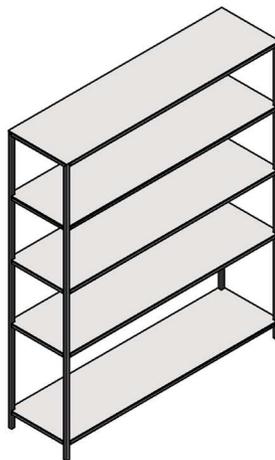
$$\text{Masa Total peceras} = 35 \text{ Kg}$$

$$\text{Masa de las peceras} = 5 \text{ Kg}$$

La estructura se realiza con acero estructural de ½ pulgada. Las uniones de la estructura serán soldadas y para el material sobre el que estarán las peceras y el sumidero se ha optado por aluminio debido a que en comparación con el acero inoxidable es más ligero, puede resistir a la corrosión y el costo es significativamente menor al del acero inoxidable.

Figura 25

Diseño de la estructura



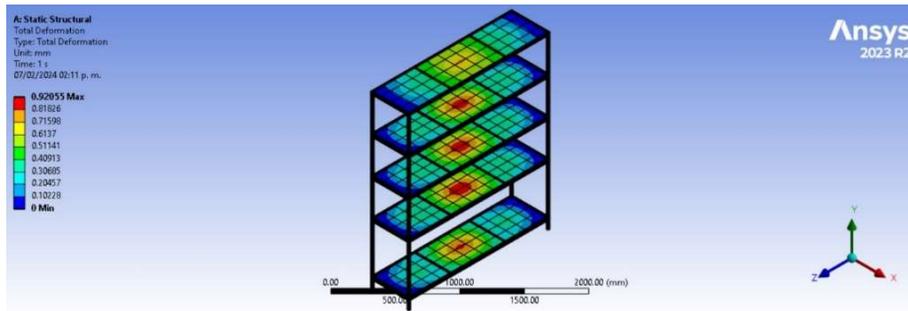
Nota: La figura presenta la estructura principal donde se asentarán las peceras, sumidero y los equipos que se necesitan para el funcionamiento de la máquina.

- **Análisis de la estructura**

Se sometió al diseño realizado de la estructura a un análisis en el software ANSYS con la finalidad de saber el comportamiento de la estructura ante las cargas que debe soportar.

Figura 26

Análisis estático- Deformación Total

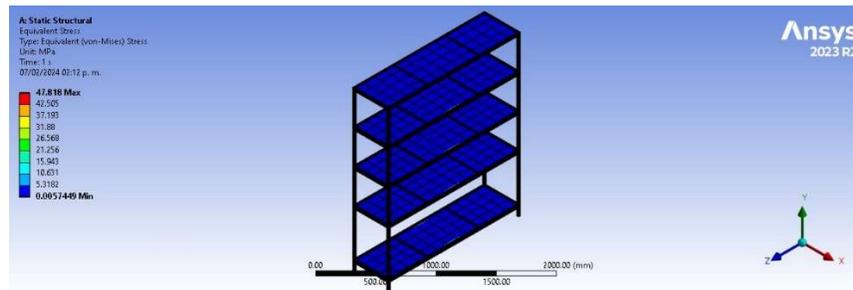


Nota: La figura 26 expone la simulación realizada en ANSYS de la deformación que sufre el cuerpo ante el peso de las peceras llenas de agua.

La deformación total que se produce es de 0.92mm por lo que se afirma que no la estructura no fallara en caso de estar expuesta ante estas cargas.

Figura 27

Análisis estático – Estrés generado

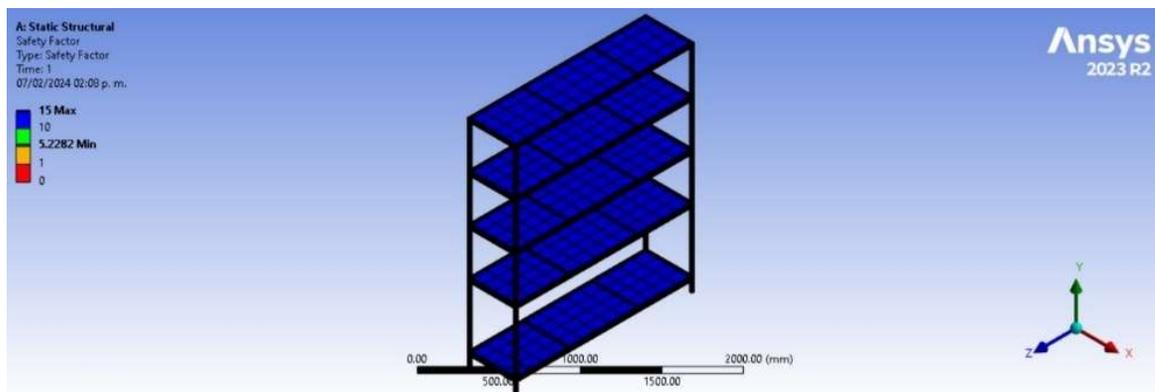


Nota: La figura 27 muestra el estrés que se genera en la estructura.

El estrés máximo que se genera es de 47,81 MPa lo cual demuestra que las láminas de aleación de aluminio pueden soportar el peso generado por las peceras.

Figura 28

Análisis estático – Factor de Seguridad



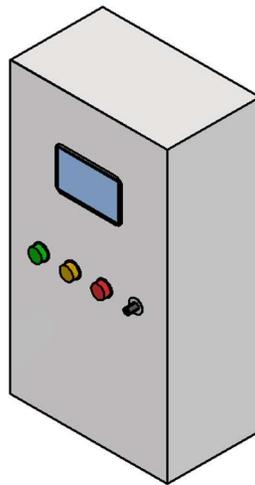
Nota: Se muestra el análisis realizado en ANSYS en el que se observa el factor de seguridad que existe en la estructura.

7.6.2. Diseño de tablero de control

El tablero de control es el lugar donde se ubicarán las pantallas, pulsantes, luces indicadoras y potenciómetros necesarios para que los técnicos del CCA puedan calibrar la temperatura, observar el estado en el que se encuentra y monitorear tanto la temperatura a la que se encuentra el agua como el nivel de pH.

Figura 29

Tablero de control

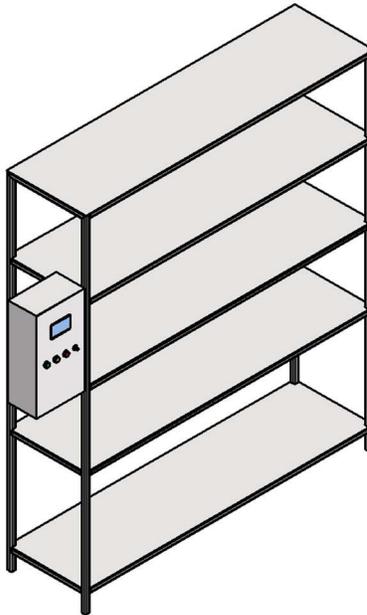


Nota: Se presenta el tablero de control que será usado en la máquina incubadora

El tablero de control se ubicará en el costado de la máquina a un metro y medio se ubicará la pantalla con la finalidad que la lectura sea cómoda para los operarios.

Figura 30

Tablero de control ubicado en la estructura



Nota: Se observa a la estructura de la máquina junto con el tablero de control de la misma.

7.7. Subsistema de recirculación de agua.

Este subsistema es el responsable de recircular de manera constante el agua, llevando desde el sump hacia los diferentes acuarios. Es necesario recircular el agua para mantener la temperatura, filtrar y oxigenar el agua.

- **Bomba de agua**

La bomba de agua es el dispositivo encargado de impulsar el agua de la salida del sump para que este llegue a los acuarios, los factores importantes para su selección será el caudal con el que trabaja, la presión producida por la bomba.

- **Instalación Hidráulica**

Son las conexiones encargadas de conectar a los acuarios con el sump, su función será de llevar el agua filtrada y aireada del sump a los acuarios, y llevar el agua contaminada de las peceras al sump. La elección del material y dimensiones se harán de acuerdo con parámetros como caudal, temperatura entre otros.

- **Válvulas**

Las válvulas serán las encargadas de permitir el paso de agua a una sección, cada pecera contara con una válvula en caso de que se desee dejar de abastecer agua. Para su selección se considerará su material, y su diámetro.

7.7.1. Diseño del Subsistema de recirculación de agua.

Al sistema de recirculación aplicado a animales marinos se los conoce como RAS, y es una alternativa que tiene como principal beneficio el ahorro del agua (Ochoa & Chulli , 2022).

El sistema RAS presenta las siguientes ventajas

- Reducción de costos debido a la propagación de enfermedades.
- Reducción del consumo de agua.
- Mayor control del medio ambiente.
- Incremento en la producción.

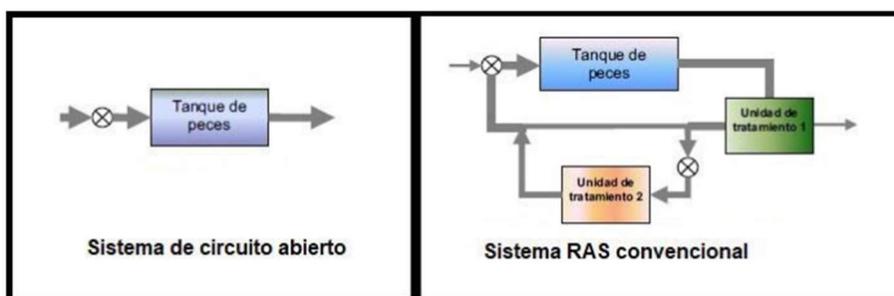
Las desventajas del sistema RAS son

- Mayor inversión inicial.
- Incremento de costos de operación.

La aplicación del sistema de recirculación RAS, permite mejorar el control de calidad de agua en acuarios en la que la densidad de población sea relativamente baja. (Agrotendencia.Tv., 2020).

Figura 31

Comparación de sistema de circuito abierto con un sistema RAS.



Nota: En la figura 31 se presenta a un sistema de acuario abierto (izquierda) y un sistema de recirculación RAS (derecha). (Agrotendencia.Tv., 2020).

Instalación Hidráulica

Para la elección del material de las tuberías de abasto y de desfogue, se presenta 3 diferentes alternativas en la que se tiene en cuenta parámetros como peso, facilidad para unir, propenso a fugas, y apariencia.

- Tubo polipropileno: Tubo utilizado para suministrar agua fría y caliente, retroalimentación, aire comprimido y retorno en sistemas de agua caliente y fría. Su uso es domiciliario, uso para edificaciones en altura. (Hidros, 2023). Difícil unión entre piezas y mayor probabilidad a fugas, su acabado es liso y brillante, y requiere de equipo especial para instalarse. (Martínez, 2019).
- Tubo PVC termofusión: También conocido como policloruro de vinilo, su uso es comúnmente en instalaciones domésticas su método de unión no se considera

estético, y presenta dificultades al momento de instalar debido a los adhesivos que se debe usar. (Martínez, 2019)

- Tuvo PVC con juntas elásticas: Su junta elástica hace que la unión pase más desapercibida, cuenta con un aro de goma montado sobre el tubo lo que hace que no sea necesario usar bridas ni tornillos. (Martínez, 2019).

La tabla 6 presenta una comparación entre las diferentes opciones que se puede usar en las instalaciones hídricas.

Tabla 6

Evaluación de alternativa materiales Instalaciones Hidráulicas

Parámetro	Tubo termofusión	Tubo PVC con juntas	Tubo Polipropileno
Densidad	1,420 kg/m ³	1,400 kg/m ³	910 kg/m ³
No es propenso a fugas	1	1	0,5
Facilidad en el proceso de unión	1	1	0,5
Apariencia	1	0,5	0,5
Total	3	2,5	1,5

Nota: Se presenta la comparación entre diferentes materiales que se usara en las instalaciones hídricas.

- De acuerdo con la tabla 6, el material que se usara es el PVC de termofusión.

- **Calculo y diseño de la red de tubería de abastecimiento y drenaje.**

Es necesario llevar el agua desde el sumidero hacia los acuarios y viceversa, por lo que se debe contar con una bomba de agua que sea capaz de mover ese flujo de agua de manera

continua, además se necesita calcular las pérdidas que se presentaran el sistema para garantizar que el agua llegue a los acuarios.

- **Cálculo del caudal de entrada en los acuarios**

Para evitar que los acuarios se llenen de impurezas, y mantener la temperatura es indispensable contar con un flujo constante de entrada a cada acuario. Los técnicos del CCA han definido que la pecera debe cambiar su volumen de agua 6 veces por hora. En la ecuación (7), se muestra el caudal que se debe mover en litros/hora de cada acuario.

$$Q = V * Nc \quad (7)$$

V: Volumen de cada pecera [l]

Nc: Numero de cambios total de agua por cada hora

El volumen de la pecera se calculó en (1), y el número de cambio por hora es impuesto por los técnicos del CCA (6)

$$Q = 7,13 \text{ l} * \frac{6}{h}$$

$$Q = 42,78 \frac{\text{l}}{h}$$

Haciendo la conversión del caudal a m^3 se obtiene:

$$Q = 1,188 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

- **Dimensionamiento de la tubería**

Debido a que el flujo de agua no es elevado, además que la mayoría de los elementos que se usaran en la máquina como bombas y válvulas están diseñadas con salidas y entradas de ½” se ha optado por usar tubo de PVC de estas medidas.

En la tabla 7 se presenta los diámetros interiores y exteriores de los principales tubos de PVC

Tabla 7

Evaluación de alternativa materiales Instalaciones Hidráulicas

PVC Coated Flexible Conduit, Grey Color
To South American Market

Trade Size	Inside Dia. (mm)	Outside Dia. (mm)	Coil Length (m)
3/8"	12	16.5	100/50/30
1/2"	16	21	100/50/30
3/4"	20	25	100/50/30
1"	26	32	100/50/30
1 1/4"	35	41	50/25/15
1 1/2"	40	49	50/25/15
2"	51	60	30/15/7.5
2 1/2"	64	72	15/7.5
3"	77	86	15/7.5
4"	101	113	15/7.5

Nota: La tabla 7 muestra las dimensiones internas y externas que tiene las diferentes tuberías.

- **Cálculo de la velocidad del fluido**

La velocidad del fluido se calculó en la entrada de los acuarios, esta velocidad se verá condicionada por el caudal y la sección de la tubería que ya ha sido seleccionada.

Aplicando la ecuación:

$$D_i = \sqrt{\frac{q \cdot 4}{\pi \cdot V}} \quad (7)$$

$D_i = \text{Diámetro interno de la tubería [m]}$

$q = \text{Caudal en la entrada del acuario } \left[\frac{m^3}{s} \right]$

$V = \text{Velocidad del fluido } \left[\frac{m}{s} \right]$

Se utiliza el diámetro interno de la tubería de ½” de la tabla 6, el caudal que fue encontrado en (7)

$$0,016m = \sqrt{\frac{1,188 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} * 4}{\pi * V}}$$

$$V = 0,052 \frac{m^2}{s}$$

- **Cálculo del número de Reynolds**

Se conoce como el número de Reynolds a una herramienta que se usa para determinar el régimen de un fluido que recorre una tubería. El cálculo del número de Reynolds se fundamenta en las características que posee el fluido (velocidad, viscosidad cinemática) y de característica de la tubería (diámetro interno de la tubería). El número de Reynolds es adimensional, y en caso de que este sea menor a 2300, se considera que el flujo se encuentra en régimen laminar, es decir que las partículas propias del fluido se desplazan en capas paralelas, es decir que no se mezclan. Si el número de Reynolds es superior a 2300 significa que el fluido se encuentra en régimen turbulento, lo que quiere decir que las partículas propias del fluido se mueven de manera caótica dentro de la tubería. (Munson , Young , & Okiihsi, 2022).

Aplicando la ecuación:

$$Re = \frac{V * D_i}{\nu_c} \quad (8)$$

$Re = \text{Número de Reynolds, adimensional}$

$Di = \text{Diámetro interno de la tubería [m]}$

$Vc = \text{Viscosidad cinemática del fluido } \left[\frac{m^2}{s} \right]$

$V = \text{Velocidad del fluido } \left[\frac{m}{s} \right]$

La viscosidad cinemática del fluido fue tomada de la tabla mostrada en el **ANEXO A**, a una temperatura de 20 °C

$$Re = \frac{0,052 \frac{m}{s} * 0,016m}{1,004 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$$

$$Re = 828,67$$

El flujo se encuentra en estado laminar

- **Cálculo de pérdida de carga por fricción en elementos menores**

Se considera elementos menores en una red de tubería a Codos, Tees y válvulas retenedoras. La fórmula de Mott, está basada en la ecuación de Darcy – Weisbach y relaciona la velocidad del fluido, la gravedad y un coeficiente de fricción para cada elemento.

$$h = K * \frac{V^2}{2 * g}$$

Los valores del coeficiente K son tomados del **ANEXO B**.

Codos:

El valor de K para codos a 90° es 0,9

$$h_{codo} = 0,9 * \frac{0,052^2}{2 * 9,81}$$

$$h_{codo} = 1,24 * 10^{-4}$$

Al valor obtenido, se le multiplica por el número de codos que existen en el sistema.

$$h_{codo} = 4 * (1,24 * 10^{-4})$$

$$h_{codo} = 4,961 * 10^{-4}$$

Tees:

El valor de K para tee con flujo en línea recta es de 0,1

$$h_{Tee} = 0,1 * \frac{0,052^2}{2 * 9,81}$$

$$h_{Tee} = 1,378 * 10^{-5}$$

Al valor obtenido, se le multiplica por el número de tees que existen en el sistema.

$$h_{Tee} = 4 * (1,378 * 10^{-5})$$

$$h_{Tee} = 5,512 * 10^{-5}$$

- **Válvulas retenedoras:**

El valor de K para válvulas de retención es 2,5. En las tuberías de abastecimiento de cada planta existe una válvula retenedora

$$h_{válvula} = 2,5 * \frac{0,052^2}{2 * 9,81}$$

$$h_{válvula} = 3,445 * 10^{-4}$$

- **Cálculo de factor de fricción en la tubería**

Para conocer la pérdida de carga debido a la fricción que presenta un flujo a través de una tubería, se puede utilizar la ecuación Darcy- Weisbach en tuberías suaves, que da

como resultado un número adimensional que indica el factor de fricción de un fluido cuando se encuentra en régimen laminar.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (9)$$

Reemplazando el número de Reynolds obtenido en (8), se obtiene:

$$f = \frac{64}{828,67}$$

$$f = 0,0772$$

Una vez que se cuente con el factor de fricción, se puede calcular la pérdida por fricción presente en una red de tubería, a continuación, se calculará las pérdidas de carga en cada planta, debido a que cada planta presenta un valor de longitud único, se realizará el cálculo de por pérdidas de fricción de cada planta de la máquina de manera independiente.

Cálculo de pérdidas por fricción en la tubería planta alta

Las pérdidas de carga en una tubería esta dado por la siguiente formula:

$$h = f * \frac{L}{D_i} * \frac{V^2}{2 * g} \quad (10)$$

Donde:

$h =$ *Perdidas de carga en la tubería [m]*

$f =$ *Factor de fricción en la tubería, adimensional*

$L =$ *Longitud total de la tubería [m]*

$V =$ *Velocidad del fluido $\left[\frac{m}{s}\right]$*

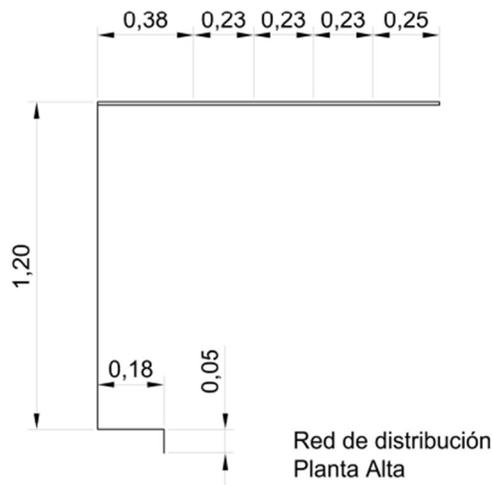
$g = \text{Aceleración de la gravedad } \left[\frac{m}{s^2} \right]$

$D_i = \text{Diámetro interno de la tubería } [m]$

Para aplicar la ecuación es necesario conocer la longitud total de la tubería de la planta alta de la máquina. Se observa que la figura 32 indica las medidas de las tuberías de distribución de la planta alta.

Figura 32

Medidas de la red de tuberías de distribución de la planta alta



Nota: Se observa que en la figura 32 se presenta las longitudes de las tuberías para la planta alta de la máquina.

$$L_{\text{Planta A}} = 0,05 + 0,18 + 1,08 + 0,38 + 3 * (0,23) + 0,25 \quad (11)$$

$$L_{\text{Planta A}} = 2,63 \text{ m}$$

Conociendo la longitud total de la tubería en la planta alta, se reemplaza en la fórmula 10

$$h_{\text{Tubería Planta alta}} = 0,0772 * \frac{2,63m}{0,016m} * \frac{0,052^2 \text{ m/s}}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$h_{\text{Tubería Planta alta}} = 1,748 * 10^{-3}$$

- **Perdidas de carga total en la Planta Alta**

Las pérdidas totales de carga en la planta alta son igual a la suma de perdidas por fricción en la tubería y las perdidas presentes por elementos menores.

$$h_{Planta\ alta} = 1,748 * 10^{-3} + 3,445 * 10^{-4} + 5,512 * 10^{-5} + 4,961 * 10^{-4}$$

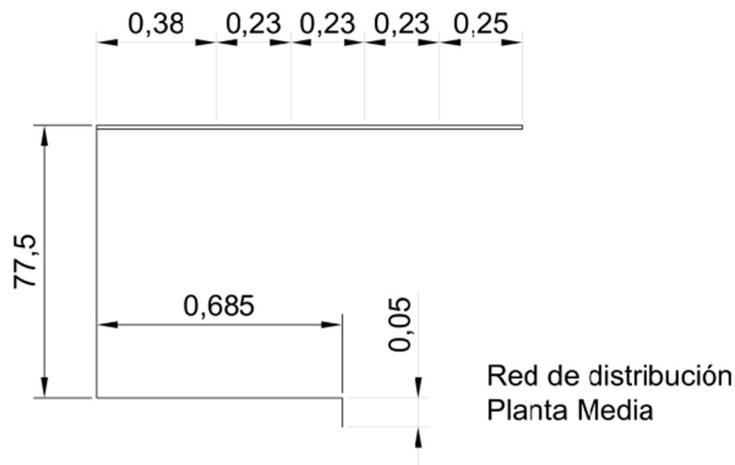
$$h_{Planta\ alta} = 2,643 * 10^{-3}$$

- **Cálculo de perdidas por fricción en la tubería planta media**

En la figura 33 se observa las dimensiones longitudinales de las tuberías de distribución de la planta media.

Figura 33

Medidas de la red de tuberías de distribución de la planta media



Nota: La figura 33 expone las longitudes de las tuberías para la planta media de la máquina.

$$L_{Planta\ Media} = 0,05 + 0,685 + 0,775 + 0,38 + 3 * (0,23) + 0,25 \quad (11)$$

$$L_{Planta\ Media} = 2,83\ m$$

Conociendo la longitud total de la tubería en la planta media, se reemplaza en la fórmula 10

$$h_{Tubería\ Planta\ media} = 0,0772 * \frac{2,83m}{0,016m} * \frac{0,052^2\ m/s}{2 * 9,81\ m/s^2}$$

$$h_{Tubería\ Planta\ media} = 1,881 * 10^{-3}$$

- **Perdidas de carga total en la Planta Media**

Las pérdidas totales de carga en la planta media son igual a la suma de perdidas por fricción en la tubería y las perdidas presentes por elementos menores.

$$h_{Planta\ media} = 1,881 * 10^{-3} + 3,445 * 10^{-4} + 5,512 * 10^{-5} + 4,961 * 10^{-4}$$

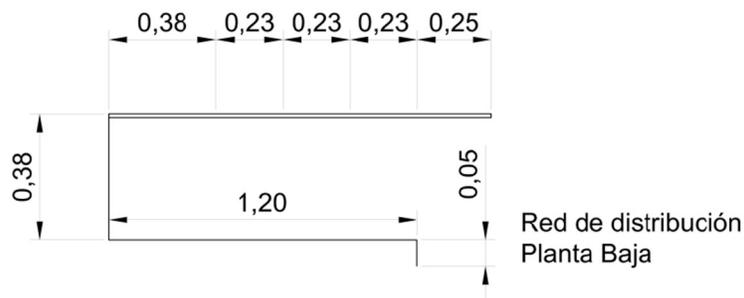
$$h_{Planta\ media} = 2,776 * 10^{-3}$$

- **Cálculo de perdidas por fricción en la tubería planta baja**

En la figura 34 se observa las dimensiones longitudinales de las tuberías de distribución de la planta media.

Figura 34

Medidas de la red de tuberías de distribución de la planta baja



Nota: Se observa que en la figura 34 las longitudes que posee la red de distribución en la planta baja.

$$L_{Planta\ Baja} = 0,05 + 1,2 + 2 * (0,38) + 3 * (0,23) + 0,25 \quad (11)$$

$$L_{Planta\ Baja} = 2,95\ m$$

Conociendo la longitud total de la tubería en la planta baja, se reemplaza en la fórmula 10

$$h_{Tubería\ Planta\ baja} = 0,0772 * \frac{2,95m}{0,016m} * \frac{0,052^2\ m/s}{2 * 9,81\ m/s^2}$$

$$h_{Tubería\ Planta\ baja} = 1,961 * 10^{-3}$$

- **Perdidas de carga total en la Planta Baja**

Las pérdidas totales de carga en la planta baja son igual a la suma de perdidas parciales por fricción en la tubería dulce y las perdidas presentes por elementos menores.

$$h_{planta\ baja} = 1,961 * 10^{-3} + 3,445 * 10^{-4} + 5,512 * 10^{-5} + 4,961 * 10^{-4}$$

$$h_{planta\ baja} = 2,857 * 10^{-3}$$

- **Análisis mediante software del subsistema de recirculación de agua.**

Mediante el uso SOLID WORK, es importante debido a que este programa tiene la función de simular condiciones de aerodinámica y fluidos de los sistemas , este mismo nos ayudó a ver el comportamiento que tiene el agua en cuanto al traslado que tiene desde la bomba hacia los acuarios.

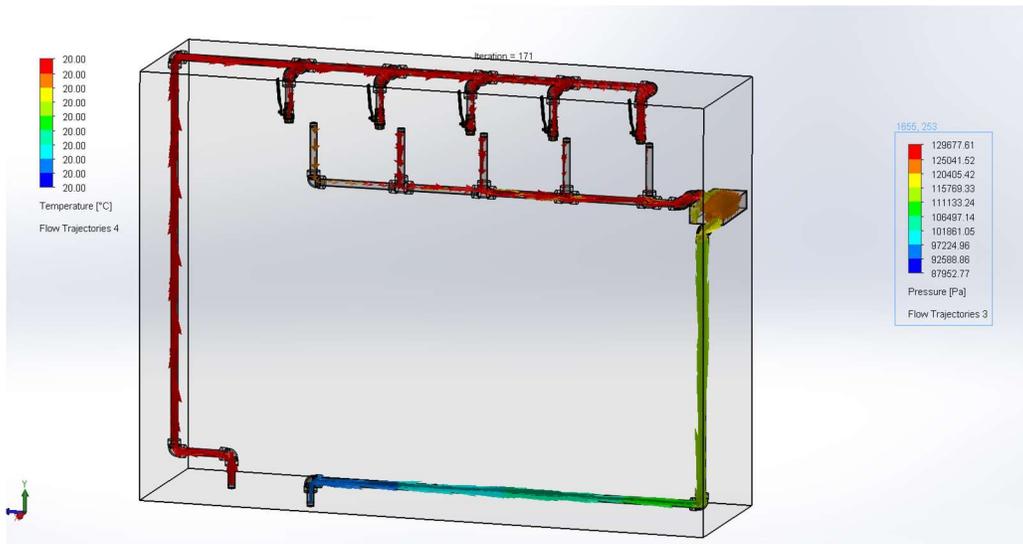
El proceso de análisis consta de aplicar condiciones de fluido como lo son tipo de fluido y comportamiento que tiene, dicho esto se aplicó los caudales que tiene el sistema en cuanto a entrada como salida que son aproximadamente **0.266 m/s**, también se aplicó una temperatura de entrada que fue entre **18 a 22 °C** ,mientras que en la salida de cada pecera se realizó análisis de presiones para observar si existe perdidas de fluido o dicho de otra manera si al sistema le llegaba agua a todos los acuarios, como se observa en la figura 29,30,31 se muestra que no existe perdidas de presiones en los diferentes subsistemas de la máquina.

- **Análisis del fluido en la Planta Alta**

Se presenta el análisis de cómo se comporta el fluido en la sistema ubicado en la planta alta de la máquina para el cual se toma en consideración que la temperatura de salida de la bomba es de 20 °C y tomando en cuenta que el caudal del agua es de 0.266 m/s. La figura 35 muestra la simulación de fluidos realizada en el software Solid Works

Figura 35

Simulación de fluidos en la planta superior de la máquina



Nota: El análisis fue realizado en Solid Works y se observa que condiciones como temperatura y presión no varían significativamente.

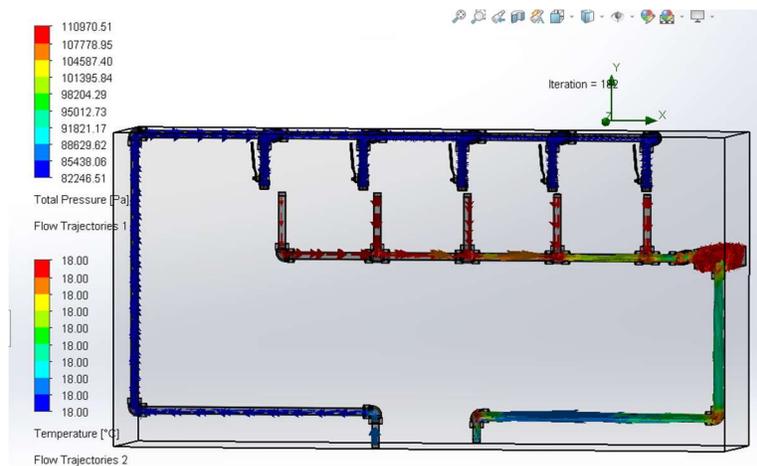
En la figura 35, se observa que en cuanto a condiciones de temperatura del agua se mantienen en 20 °C para la cual da a conocer que la temperatura del agua es la misma para todos los acuarios de la planta alta, por otra parte, se observa que las presiones del agua están por debajo de la presión atmosférica, lo cual da a entender que el fluido llega con un mismo caudal a todos los acuarios de la planta alta.

- **Análisis de fluido Planta Media**

A continuación, se realiza el estudio del comportamiento del fluido en la planta media de la máquina para el cual se toma en consideración que la temperatura de salida de la bomba es de 18 °C y tomando en cuenta que el caudal del agua es de 0.266 m/s. La figura 36 muestra la simulación de fluidos realizada en el software Solid Works

Figura 36

Simulación de fluido en la planta media de la máquina incubadora.



Nota: El análisis fue realizado en Solid Works y se observa que condiciones como temperatura y presión no varían significativamente.

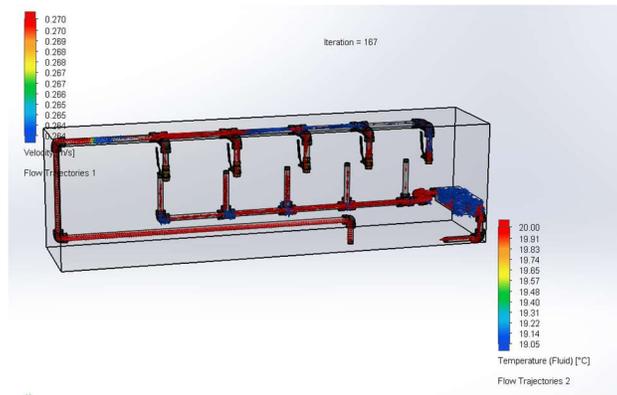
En la figura 36, se observa que en cuanto a condiciones de temperatura del agua se mantienen entre 18 °C para la cual da a conocer que la temperatura del agua es la misma para todos los acuarios de la planta alta, por otra parte, se observa que las presiones del agua están por debajo de la presión atmosférica, lo cual da a entender que el fluido llega con el mismo caudal a todos los acuarios de la planta media.

- **Análisis del fluido en la Planta Baja**

Finalmente, se presenta el análisis del fluido en la planta baja de la máquina para el cual se toma en consideración que la temperatura de salida de la bomba es de 19 °C y tomando en cuenta que el caudal del agua es de 0.266 m/s. La figura 37 muestra la simulación de fluidos realizada en el software Solid Works

Figura 37.

Simulación de fluido en la planta baja de la máquina incubadora.



Nota: El análisis fue realizado en Solid Works y se observa que condiciones como temperatura y presión no varían significativamente.

En la figura 37, se observa que en cuanto a condiciones de temperatura del agua están entre 19°C a 20°C para la cual da a conocer que la temperatura del agua es la misma para todos los acuarios de la planta baja, por otra parte, se observa que la velocidad del agua es la misma para todas las peceras.

- **Selección de la bomba**

Para la elección de la bomba se ha tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Presión para bomba

- Volumen de trabajo mayor a 500 litros/ hora
- Bomba sumergible

- Costo y disponibilidad
- Caudal regulable
- Temperatura de operación mayor a 28 °C
- Altura de trabajo hasta 2m

Se ha elegido en base a los parámetros planteados la bomba de agua sumergible WP-350S de la marca SOBO.

Figura 38

Bomba de agua sumergible SOBO.



Nota: En la figura 38 se presenta a la bomba de agua de la marca sobo WP-350S. (Aventura Acuatica , 2020)

Tabla 8

Datos técnicos de la bomba WP-305S

Modelo	Potencia efectiva	Altura máxima	Potencia	Temperatura máxima del agua	Sumergible
WP – 305S	2000 L/h	2 mts	40 W	35 °C	Si

Nota: En la tabla 8se presenta una tabla de datos técnicos de la bomba. (Aventura Acuatica , 2020).

7.8. Subsistema de filtración

Este subsistema es el encargado de filtrar el agua que proviene de los acuarios para que pueda ser reutilizada, este subsistema contara con 3 tipos de filtros diferentes: mecánico, biológico y químico para asegurar que se eliminen la mayor cantidad de partículas que puedan afectar a los renacuajos. A continuación, se detalla los elementos que comprende este subsistema.

- **Filtro Mecánico**

El filtro mecánico es el encargado de retener a las impurezas de mayor volumen, se ubica en la entrada del sump para evitar que estas impurezas avancen a otros filtros. Se tendrá en cuenta para su diseño el espesor del material filtrante necesario.

- **Filtro Biológico**

El filtro biológico es el encargado de eliminar restos nitrogenados que se generan en las peceras debido a la descomposición de excrementos y alimentos sobrantes. Se encuentra en el interior del sump. Se tendrá en cuenta su geometría y dimensiones para su diseño.

- **Filtro Químico**

También es conocido como filtro orgánico, se encarga de remover partículas toxicas o indeseadas por un proceso químico, se tendrá en cuenta para su diseño parámetros como su geometría y dimensiones.

7.8.1. Diseño del subsistema de filtración

La máquina necesita de un método de filtración para depurar el agua, renovar y airear el agua, para que de esta manera se mantenga a la pecera libre de sustancias que resulten tóxicas para las especies, permitiendo que los renacuajos se desarrollen sin problemas. (ICA, 2020).

El sistema de filtración está formado por diferentes capas y materiales que se colocan de manera consecutiva, con la finalidad de retener las impurezas parte fundamental para mantener estable a un ecosistema que se encuentre en un espacio reducido. (Ochoa & Chulli, 2022).

Para realizar el sistema de filtración se debe tener en cuenta el flujo de agua proveniente de las peceras hacia el sump.

Figura 39

Flujo de agua



Nota: Se puede observar en esta figura el flujo que sigue el agua en los filtros ubicados en el sump.

Los filtros se ubicarán adentro del sump. El sistema ha sido planteado para contar con los tres tipos de filtros que existen en un acuario:

- **Filtración Mecánica**

Para la primera parte del filtro mecánico se tomaron en consideración distintos materiales que son usados en un sistema de filtrado mecánico.

La esponja de foamex, es un material que tiene muy buenas características frente a una filtración de partículas de grandes volúmenes, en la figura 34 se muestra un filtro con el material de espuma de foamex.

Figura 40

Espuma de Foamex.



Nota: En la figura 40 se presenta material usado para realizar la primera parte del filtro mecánico. (Acuariotecnia , 2021).

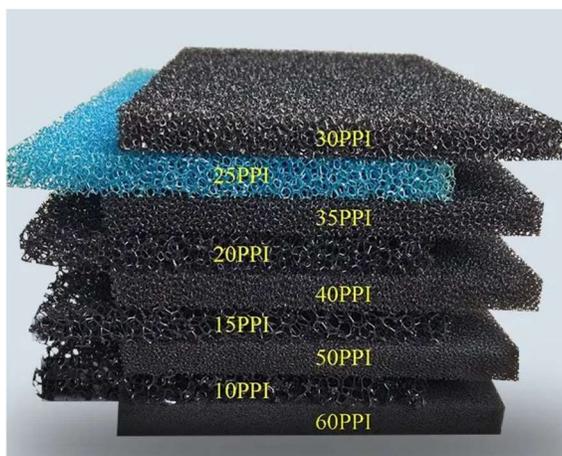
El filtro de **foamex** como se puede observar en la figura 24 retiene a las partículas de mayor tamaño dependiendo de la densidad de los poros, para una pecera de agua dulce que

se encuentra con recirculación de agua constante se recomienda usar densidades de 20 y 30 poros unitarios por unidad cuadrada (ppi). (Acuariotecnia , 2021).

El **poliuretano** es un material plástico que puede ser presentado en varias formas ya que por sus propiedades elásticas puede fácilmente adaptarse a distintos lugares, este material adaptable hace que sea usado en cualquier lugar debido a que se puede adaptar a cualquier forma.

Figura 41

Espuma de poliuretano.



Nota: En la figura 41 se presenta material usado para realizar la primera parte del filtro mecánico. (Acuariotecnia , 2021).

A continuación, se presenta unas tablas que referencia los parámetros que presentan los materiales de poliuretano en cuanto a la retención de partículas por pulgada (ppi).

Tabla 9

Datos técnicos de un filtro de poliuretano

Nombre del Producto	Filtro de espuma de celda abierta para acuario
---------------------	--

IPP	6,8,10,15,18,20,25,27,30	Volumen muerto	97%
	32,35,40,45,50,60,70,80		
Tamaño	Personalizado	Densidad ($\frac{kg}{m^3}$)	25 normales,35 de alta densidad
Color	Personalizado	Paquete	maleta
OEM	Aceptar	Las muestras	Acceso libre

Nota: En la tabla 9 se presenta una tabla técnica con descripción del material en cuanto a uso comercial de personas (Buyers, 2019).

Tabla 10

Parámetros técnicos de un filtro de poliuretano

Grado	Densidad	Conteo de células	tamaño del poro	Dimensiones
	$\frac{kg}{cm^3}$	$\frac{celulas}{cm}$	$\frac{Poros}{Pulgadas}$	mm
10 ppp	22 – 26	3-4	5-15	2000x1000x80
20 ppp	22 – 26	5-6	15-25	2000x1000x80
30 ppp	22 – 26	7-9	25-35	2000x1000x80
40 ppp	22 – 26	10-13	35-45	2000x1000x80
60 ppp	22 – 26	15-18	55-65	2000x1000x80

Nota: En la tabla 10 se presenta una tabla técnica con los parámetros que presenta el poliuretano con respecto a la oposición de partículas por pulgada (Buyers, 2019).

En la tabla 8 se evaluará al foamex y al poliuretano para escoger cuál de los dos materiales se usará para fabricar el filtro mecánico de los acuarios, Se asignará un valor de 1 para el material que se considerara que cumplen completamente el parámetro correspondiente, un valor de 0.5 se relaciona con un valor medio, y el valor 0 es asignado cuando no se cumple con el parámetro respectivo.

Tabla 11

Evaluación de alternativa de diseño

Parámetro	Esponja Foamex	Esponja Poliuretano
Eficiencia de filtración	1	1
Durabilidad	1	1
Resistente al agua	1	1
Compatibilidad química	0.5	1
Biocompatibles	1	0,5
Porosidad	0.5	0.5
Tamaño de poro	0.5	0.5
Costo	0	1
Materiales con los que cuenta el zoológico	0	0
Total	4.5	6,5

Nota: La tabla 11 muestra la evaluación del diseño alternativo

Conforme a la tabla 11, el mejor material entre la esponja de foamex y la esponja de poliuretano es el último debido a que presenta buenas características frente a una filtración deseada.

- **Filtración Biológica**

Los filtros biológicos son vitales en los filtros por su capacidad de transformar el amoníaco que producen las ranas, muy tóxico. El filtro biológico consta en dar lugar a bacterias benéficas capaces de transformar las sustancias producidas por las ranas como ya se mencionó antes en sustancias menos nocivas para la especie, sin afectar la composición química del agua. Es considerada como la filtración más importante en el ciclo del acuario (Guerrero, 2017)

El material más común utilizado en la filtración biológica es la Sera Siporax que se compone de vidrio sintetizado, este material exclusivo se caracteriza por su especial estructura tridimensional de poros, esta permite aumentar al máximo la superficie.

Figura 42

Sera Siporax.



Nota: La figura 42 expone al siporax que es muy usada como sistema de filtración biológica ya que gracias su composición química ayuda a eliminar sustancias dañinas para las ranas.

- **Filtración Química**

La filtración química cumple con el trabajo de eliminar elementos y sustancias disueltas en el agua, sirve para variar parámetros del agua como la salinidad y el pH. Los materiales que actúan como material químico son el carbón activo y restos de otros materiales. (Guerrero, 2017).

Figura 43

Filtro Químico.



Nota: En la figura 43 se observa un modelo de filtro químico que posee características importantes en la filtración y purificación del agua para peceras, las características más importantes del filtro químico son la eliminación de las impurezas en el agua (ACUARIOS, 2017).

Los filtros químicos para acuarios son dispositivos diseñados para eliminar contaminantes químicos del agua, mejorando así la calidad del hábitat para los peces, ranas, etc. A continuación se presentan cuáles son las características de los materiales con los cuales están hechos los filtros químicos.

Tabla 12

Características de los filtros Químicos.

Material	Composición	Característica
Carbón Activó	Compone por más del 60% del filtro químico.	Purificación del agua.
Zeolitas	Componen alrededor del 13% del filtro.	Material capas de deshidratar el % de amoniaco en el agua
Resinas Intercambiadoras de Iones	Componen el 5% del filtro	0.5 a 1mm de diámetro, para tratar el agua

Polímeros Específicos	20 % del filtro	Facilitan el proceso de tratar el pH en el agua
Materiales Cerámicos	15 % del filtro	Son usados para tratar sustancias solidas presentes en el agua
Gel de sílice	23 % del filtro	Previenen que el anuro sufra enfermedades
Materiales químicos para eliminar de olores	10% del filtro	Ayudan a purificar el agua y desintoxicar.

Nota: Esta tabla expone las características de los materiales con cuales están realizados los filtros con las características más importantes de un filtro químico.

7.9. Subsistema control de temperatura

Este subsistema será responsable de elevar y mantener la temperatura según se desee. Cada fila de acuarios se mantendrá a una temperatura específica, por lo que se utilizará un subsistema de control independiente para cada fila. Los elementos que componen a este subsistema se detallan a continuación.

- **Calentador de agua**

Es el dispositivo encargado de elevar la temperatura del agua, se encuentra en la salida del sump. Los parámetros que se justificaran su elección son la potencia, que sea hecho de materiales biocompatibles y que pueda ser sumergible.

- **Sensor de Temperatura**

Dispositivo encargado de medir la temperatura a la que se encuentra el agua, se analizara para su elección el voltaje y corriente al que trabaja, su precisión, el tipo de señal que entrega y que este hecho de materiales biocompatibles.

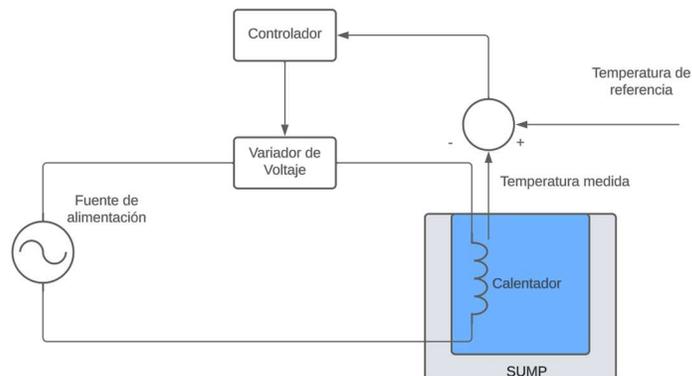
7.9.1. Propuesta de diseño del control de temperatura

En este apartado se diseñará el subsistema de control de temperatura, la propuesta se enfoca en un subsistema que controle la temperatura en un intervalo de 18°C a 26°C, el rango de temperatura será establecido por el operario.

En la figura 37 y 38 se expone la configuración del subsistema que permite controlar la temperatura, en el que se observa el sensor, calentador, fuente de alimentación, controlador y variador de voltaje.

Figura 44

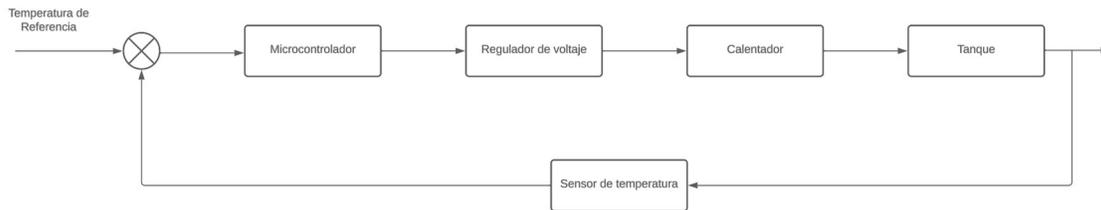
Configuración del sistema de control de temperatura.



Nota: Se presenta el esquema del subsistema de control de temperatura que se utilizara en la máquina incubadora

Figura 45

Diagrama de bloques



Nota: Representación en diagrama de bloques del subsistema de control de temperatura

- **Dispositivos eléctricos y electrónicos usados en el subsistema de control de temperatura**

A continuación, se ha descrito las características técnicas de los dispositivos que se utilizarán para realizar el subsistema de control. Primero se describirá a la tarjeta Arduino que es la que permitirá adquirir los datos del sensor, además donde se realizará el control. Por último, se describirá al calentador, y al sensor presentes en el sistema.

- **Tarjeta de control**

La tarjeta para realizar el control que se ha decidido usar es una placa de desarrollo que se fundamenta en el microcontrolador ATmega2560, la placa es la versión mega de la plataforma Arduino y cuenta con mayor número de entradas y salidas y de contar con mayor capacidad de almacenamiento comparado con otras placas de la misma plataforma. La placa mega de Arduino cuenta con 54 pines de entrada y salida, y con una memoria Flash de (256 KB), y RAM (8 KB), esto permite almacenar y ejecutar programas más grandes y complejos.

En tabla 13 se presentan las especificaciones técnicas del microcontrolador

Tabla 13

Especificaciones de la placa Arduino.

Microcontrolador	ATmega 2560
Voltaje de operación	5v
Voltaje de entrada	7 v – 12 v
E/ S Digitales	54 (15 PWM)
Entradas Analógicas	16
Corriente DC por entrada	20 mA
Corriente que suministra	435 mA
Corriente DC por pin 3.3V	50 mA

Nota: Se observa en la tabla 13 las especificaciones técnicas que posee la tarjeta Arduino Mega.

- **Sensor de temperatura**

Es el elemento encargado de medir la temperatura a la que se encuentra el agua, el sensor que se debe ocupar debe estar diseñado para operar bajo el agua y de manera continua.

El sensor por el que se ha optado es el sensor DS18B20, de la marca Maxim Integrated, y presenta un encapsulado de fabrica tipo T0-92, esta recubierto por un tubo de acero inoxidable que lo hace resistente al agua. (Naylamp Mechatronics SAC, 2023).

La tabla a continuación muestra cuales son las especificaciones del sensor de temperatura DS18B20

Tabla 14

Especificaciones técnicas del sensor de temperatura DS18B20.

Voltaje de alimentación	3V – 5.5V
-------------------------	-----------

Rango de operación	-55°C a 1 25°C
Precisión de medida	± 0,5 entre -10°C a 85°C
Encapsulado	T0 – 92
Protocolo de comunicación	1 – Wire

Nota: Se observa en la tabla 14 las especificaciones técnicas que posee el sensor de temperatura DS18B20

- **Sump de almacenamiento de agua.**

El proceso es de subir la temperatura del agua es necesario contar de un sump de almacenamiento, para el diseño del sumidero se tomó en cuenta el buffer necesario para recircular el agua necesaria en las peceras, con ello se construyó el sump de almacenamiento en el cual se piensa realizar el control, el material del sump es el vidrio.

El volumen de agua en el sumidero que se utilizo es de alrededor de 45 litros de agua, ya que al tener un volumen más grande de agua el proceso de control sería demasiado lento.

Se conoce que:

$$VOLUMEN = ANCHOX LARGOXALTO$$

$$VOLUMEN = (50cm)x(30cm)x(27cm)$$

$$VOLUMEN = 40.5cm^3$$

Figura 46.

Implementación del sumidero de agua.



Nota: La figura 46 es el sumidero construido con las dimensiones especificadas.

- **Cálculo de la resistencia calorífica.**

Para poder elegir la resistencia adecuada para lograr calentar el agua que se almacena en el sump de la máquina incubadora, se hizo el estudio para saber cuántos kilovoltios debe requerir la resistencia.

Para este cálculo se basa en conceptos vistos en la materia de transferencia de calor, ya que gracias a estos principios se dimensiona la resistencia de calor, como se mencionó para se calcula el volumen por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación de la energía calorífica es:

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

Donde

ΔQ : es la variación de la energía calorífica del agua = (26°C – 16°C)

m : es la masa del agua

c : es el calor específico del agua

m : es la masa del agua

ΔT : es la variación de la temperatura

Por otro lado, se conoce que:

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde

ρ : es la densidad del agua

m : es la masa del agua

v : volumen del agua

Despejando la masa del agua:

$$m = v\rho$$

$$\rho = 1 \frac{gr}{cm^3}$$

$$v = 40.50cm^3$$

$$m = \left(1 \frac{gr}{cm^3}\right) * (40.50cm^3)$$

$$m = 40.50gr$$

$$\Delta Q = mc\Delta T$$

$$\Delta T = (26^\circ C - 16^\circ C)$$

$$m = 75000cm^3$$

$$c = 1 \left(\frac{cal}{grk}\right)$$

$$\Delta Q = (40.50gr) * \left(1 \left(\frac{cal}{grk}\right)\right) * (26^\circ C - 16^\circ C)$$

$$\Delta Q = 405Calorias$$

Convirtiendo de calorías a Joules:

$$1caloria = 4186J$$

$$Energia = (405cal) * \left(\frac{4.186J}{1cal}\right)$$

$$Energia = 1695.33J$$

Finalmente se obtiene la potencia que requiere la resistencia calorífica.

$$Potencia = \frac{Energia}{tiempo}$$

$$Potencia = \frac{1695.33J}{10seg}$$

$$Potencia = 169.533 \approx 200W$$

La potencia de calor de la resistencia necesaria debe ser aproximadamente de 200W, el tiempo para calentar el agua es a un promedio de 10 segundos, esto se selecciona debido a que para la máquina incubadora el calentamiento del agua **no** debería ser un proceso rápido es por ello que el tiempo máximo de calentamiento es lento , por otra parte al tratarse de un sistema que está diseñado para la supervivencia de los anfibios de la zona tropical se debe considerar que la temperatura no debe ser mayor a 26 grados ya que esto podría llegar a ser perjudicial para las ranas.

La resistencia es sumergible, lo que quiere decir que esta recubierta completamente de agua, porque si esta no se encuentra bajo estas condiciones podrá llegar a estropearse, en la figura 47 se observa la resistencia calorífica en el agua bajo las condiciones antes mencionada.

Figura 47.

Implementación de la resistencia calorífica en el agua.



Nota: La figura 47 muestra la implementación de la resistencia calorífica en el sump.

- **Consideraciones necesarias para el sistema de control de temperatura.**

Existen variables críticas que se deben considerar para diseñar el sistema de control, variables como volumen, caudal y temperatura de salida de los acuarios afectaran directamente al diseño del controlador. Por lo que experimentalmente se construyó una hilera de acuarios para obtener datos de estas variables.

Figura 48.

Implementación de la planta A.



Nota: La figura 48 muestra la implementación de la planta superior de la máquina incubadora de anfibios para obtener datos de temperatura, caudal y volumen.

- **Temperatura en acuarios y en el tanque**

Mediante el uso de un calentador regulable que se configuro a diversas temperaturas se registró datos de temperatura en todos los acuarios y en la entrada y salida del tanque donde se calienta el líquido.

Tabla 15

Registro de temperatura en las peceras a una temperatura de 26°C.

Temperatura Pecera 1	Temperatura Pecera 2	Temperatura Pecera 3	Temperatura Pecera 4	Temperatura Pecera 5	Temperatura entrada del Sump	Temperatura Salida del Sump
25,19	25,81	25,06	26,06	26,31	25,8	26,8

26,06	26,19	26,37	26,56	26,87	26,44	27,06
26,31	26,5	26,56	26,62	26,5	26,31	26,5

de entrada de 26°C.

Nota: La tabla 15 expone las temperaturas medidas en las peceras a una temperatura

Tabla 16

Registro de temperatura en las peceras a una temperatura de 23°C.

Temperatura Pecera 1	Temperatura Pecera 2	Temperatura Pecera 3	Temperatura Pecera 4	Temperatura Pecera 5	Temperatura entrada del Sump	Temperatura Salida del Sump
23,06	23,06	23,5	23,81	23,5	22,87	23,8
23,31	23,5	22,31	23,44	22,87	22,81	23,87
23,81	22,81	23,87	23,31	23,06	23,06	23,5

Nota: La tabla 16 expone las temperaturas medidas en las peceras a una temperatura de entrada de 23°C.

Tabla 17

Registro de temperatura en las peceras a una temperatura de 20°C.

Temperatura Pecera 1	Temperatura Pecera 2	Temperatura Pecera 3	Temperatura Pecera 4	Temperatura Pecera 5	Temperatura entrada del Sump	Temperatura Salida del Sump
20,06	20,31	20,31	19,87	19,81	19,87	20,5
20,31	19,87	20,31	20,44	20,31	19,81	20,81
19,81	19,81	19,87	20,31	20,06	20,06	20,87

Nota: La tabla 17 expone las temperaturas medidas en las peceras a una temperatura de entrada de 20°C.

Después de haber tomado los datos a diferentes temperaturas, se puede comprobar que las pérdidas de temperatura en el sistema son bajas, además que, al ser un sistema en el que el agua se encuentra en recirculación constante, la temperatura varía en menos de 1°C, por lo que para este trabajo se la considerara **constante**.

- **Caudal y tiempo necesario para que el sistema empiece a recircular el agua.**

De manera experimental se obtuvo que el tiempo en el que todos los acuarios alcanzan su volumen máximo y el sistema empieza a recircular el agua es de **9,36** minutos. Con este

tiempo se puede lograr recircular el agua 6 veces por hora en cada acuario, como fue petición de los técnicos del CCA.

Al tener el tiempo en el que las peceras se llenan, y el volumen de estos se obtuvo que el caudal de agua que hay en cada pecera es de $1,222 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$, muy similar a lo calculado .

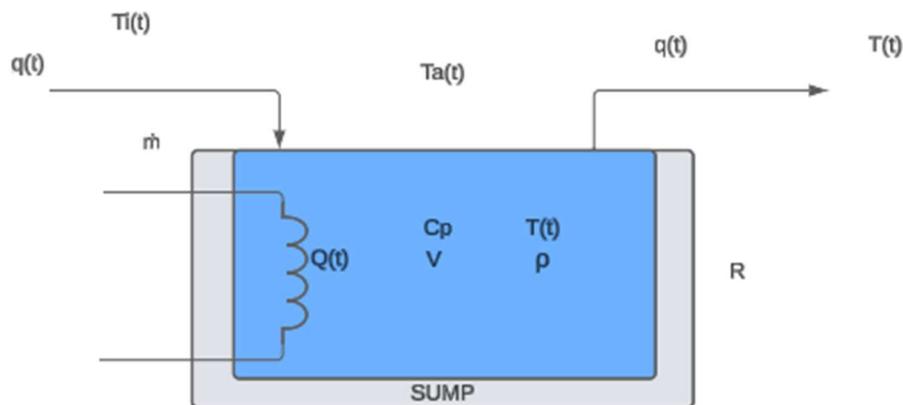
Al ser un sistema de recirculación aplicado a animales marinos, se obtiene que el caudal de salida medido en la salida del sumidero es similar al caudal medido en la entrada del sumidero, y este es **constante**.

7.9.3. Modelado Matemático del sumidero

Mediante los conceptos teóricos aprendidos en ecuaciones diferenciales y Teoría de control, se desarrolla el modelo matemático del sumidero de la máquina incubadora que se puede observar en la figura 49. Se trabajará únicamente con agua, y como se vio con anterioridad se considera a la temperatura y el caudal de entrada como de salida como variables constantes.

Figura 49

Sistema dinámico para controlar la temperatura en el sumidero.



Nota: La figura 49 muestra el sistema dinámico del sumidero el cual va a ser modelado matemático del sistema.

En base a la figura 49 se tiene que:

$T(t)$: Temperatura salida [°C]

$T_i(t)$: Temperatura entrada [°C]

$Q(t)$: Flujo de calor "potencia calorifica" $\left[\frac{\text{kcal}}{\text{seg}}\right]$

$q(t)$: Caudal de flujo de agua $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right]$

$T_a(t)$: Temperatura ambiente [°C]

C_p : Capacitancia calorifica $\left[\frac{\text{kcal}}{^\circ\text{C}}\right]$

v : Volumen [m³]

ρ : Densidad $\left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right]$

R : Resistencia termica $\left[^\circ\text{C} \frac{\text{seg}}{\text{kcal}}\right]$

–Balance de energias

$\Sigma \text{energia int} = \Sigma \text{energia out}$

(Energia Acumulada) = (Energia Entrda flujo) – (Energia salida flujo) + (Energia ganada) – (Energia perdida)

$$\frac{dE}{dt} = \dot{\epsilon}_i + \dot{\epsilon}_o + \dot{\epsilon}_g - \dot{\epsilon}_p$$

$$\rho * v * c_p * \frac{dT}{dt} = \rho * c_p * q(T_i(t) - T_o(t)) + Q(t) - \frac{T_o - T_a}{R}$$

. - Al considerar que no existe perdidas de flujo de agua dentro del sumidero se puede considerar a las energías perdidas como cero.

$$\rho * v * c_p * \frac{dT}{dt} = \rho * c_p * q(T_i(t) - T_o(t)) + Q(t) - \frac{T_o - T_a}{R}$$

Lo que se busca con el diseño del controlador es controlar la temperatura de salida del agua, y esto se logra con el flujo de calor que ofrece la resistencia calorífica.



$$(\rho * v * cp) \frac{dT}{dt} = ((\rho * cp * q)(T_i(t) - T_o(t)) + Q(t)$$

.La ecuación que se muestra es una ecuación no lineal debido a que $T_i(t)$ es una constante, debido a ello no se necesita trabajar con la variable $T_i(t)$, sino que se va a trabajar con el cambio de temperatura que ofrece la resistencia calorífica $Q(t)$, que anteriormente ya se calculo.

$$\Delta T = T_i(t) - T_o(t)$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{d\Delta T}{dt}$$

$$T_i(t) = \text{constante}$$

Como se había mencionado para este sistema se tomó como consideraciones las variables de temperatura y caudal de entrada constantes, debido a que el sistema siempre está en recirculación, dicho eso la ecuación queda como:

$$(\rho * v * cp) \frac{dT}{dt} = Q(t) - ((\rho * cp * q)\Delta T)$$

Se realiza la transformada de Laplace para calcular la FT del sistema.

$$\mathcal{L}\left\{(\rho * v * cp) \frac{dT}{dt}\right\} = \mathcal{L}\{Q(t) - ((\rho * cp * q)\Delta T)\}$$

$$(\rho * v * cp)S\Delta T = Q - (\rho * cp * q)\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{Q}{(\rho * v * cp)s + \rho * cp * q}$$

$$Ft = \frac{Q}{(\rho * v * cp)s + \rho * cp * q}$$

Reemplazando las variables se obtiene la siguiente función de transferencia:

$$C_p = 1 \left[\frac{\text{kcal}}{^\circ\text{C}} \right]$$

$$v = 4.05 * 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$\rho = 997 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$q(t) = 1,188 * 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q(t) = 200 \text{ [W]}$$

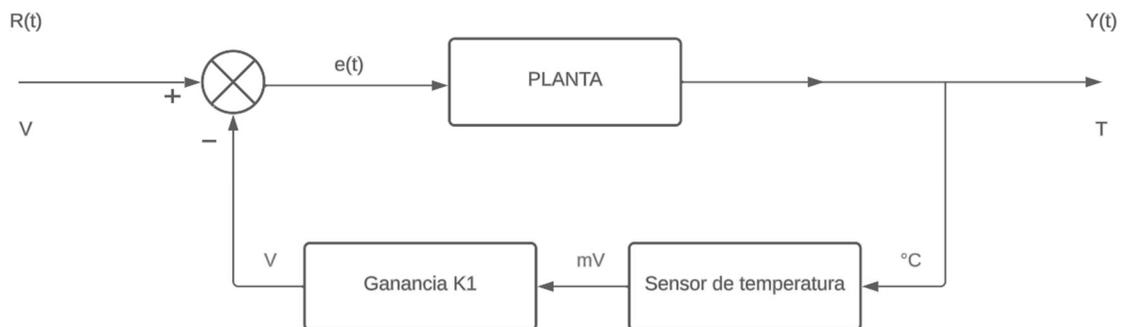
$$GLA = \frac{200}{(997 * 4.05 * 10^{-5} * 1)s + 997 * 1 * 1,188 * 10^{-5}}$$

$$GLA = \frac{200}{0.0403785s + 0.01184436}$$

Se presenta el diagrama del sistema:

Figura 50

Representación del diagrama de bloques en lazo cerrado del sistema.



Nota: La planta se encuentra retroalimentada y es necesario tomar en cuenta la función de transferencia del sensor que afectará al sistema.

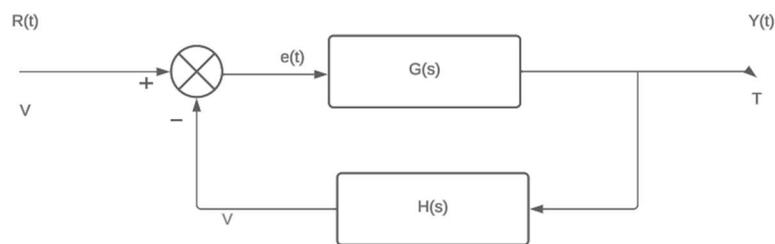
- *Función de transferencia de la planta:* Se presenta el modelado que se obtuvo mediante el análisis del circuito térmico que presenta el sistema, al tratarse de un sistema de control que se aplicara en el sumidero que en este caso es un tanque, se asume la siguiente función de transferencia:

$$GLA = \frac{200}{0.0403785s + 0.01184436}$$

Para el análisis de control se debe simplificar al sistema, dentro del análisis del controlador se deberá ubicar a la planta en un sistema de control en lazo cerrado y obtener el sistema con la realimentación del sensor, A continuación expone el modelo de control con retroalimentación.

Figura 51.

Diagrama de bloques.



Nota: En esta representación se puede observar el modelo de un sistema de control en lazo cerrado, es decir es un sistema de control con retroalimentación del sensor.

Para conocer la función de transferencia de nuestra planta se usa la siguiente ecuación:

$$GLC(S) = \frac{G(S)}{1 + G(s)H(s)}$$

Como se observa la función de transferencia final es :

$$G(s) = \frac{200}{0.0403785s + 0.01184436}$$

$$H(S) = 40.85$$

Partiendo de estos dos bloques de funciones, se remplazar en la formula presentada para obtener la función que describa al sistema en lazo cerrado.

$$GLC(S) = \frac{\frac{200}{0.0403785s + 0.01184436}}{1 + \frac{200}{0.0403785s + 0.01184436} * 40.85}$$

$$GLC(S) = \frac{200}{0.04038s + 82111}$$

7.9.3. Diseño del controlador PID usando el método de respuesta en frecuencia

El diseño de controladores PID (Proporcional, Integral, Derivativo) mediante el método de respuesta en frecuencia es un enfoque que utiliza técnicas de análisis de frecuencia para ajustar los parámetros del controlador PID y lograr un rendimiento óptimo del sistema de control.

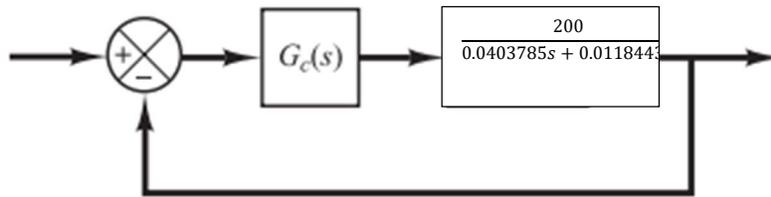
El uso de este método para encontrar las ganancias (kp,ki,kd), es de gran ayuda debido a que gracias a este método se impone parámetros de control muy necesarios para el óptimo funcionamiento del control de temperatura.

Se diseñará un controlador PID para que el sistema se estabilice en un tiempo de alrededor de 3 min o alrededor de 200s y tenga un sobre impulso menor al 1%, entonces:

El controlador PID escogido se muestra a continuación:

Figura 52

Sistema de controlador PID.



Nota: La figura 52 muestra cual al modelo del sistema de control PID con retroalimentación del sensor.

$$ts = 200s$$

$$Mp = 0.02\%$$

$$ts = 4\tau = \frac{4}{\sigma}$$

$$\sigma = \frac{4}{ts} = 0.0222$$

$$Mp = e^{-\frac{\pi\sigma}{\omega d}}$$

$$0.02 = e^{-\frac{\pi \cdot 0.02}{\omega d}}$$

$$\omega d = 0.0178$$

Los polos deseados del sistema son:

$$s_d = -\sigma \pm j\omega_d = -0.0222 \pm 0.0178j$$

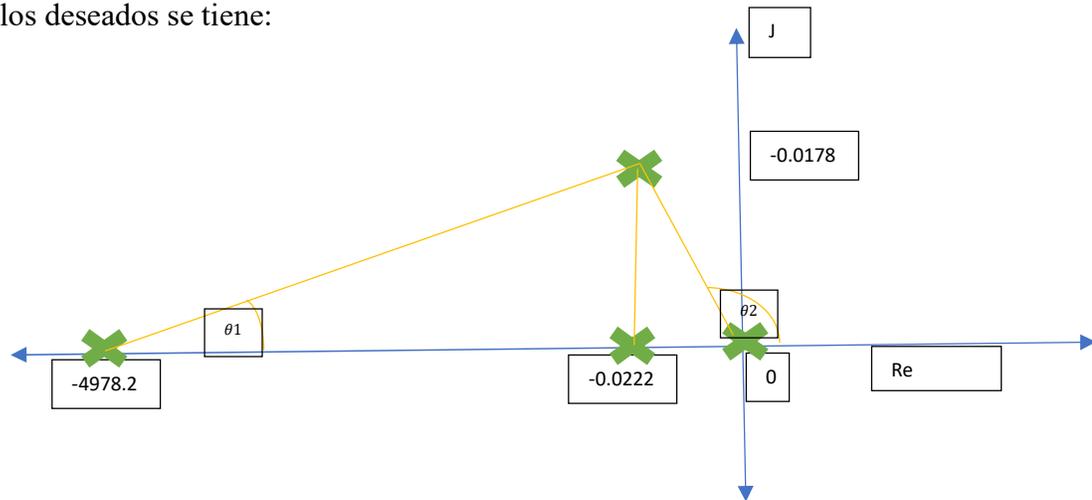
El polo que presenta la planta es

$$s_1 = -4978.2$$

Controlador PID.

$$G_c(s) = \frac{K(as + 1)(bs + 1)}{s}$$

Calculando los ángulos de los polos del sistema y del polo del controlador con respecto a los polos deseados se tiene:



$$\theta_1 = \text{atg} \left(\frac{0.0178}{4978.2 - 0.0222} \right) = 0.0002064^\circ$$

$$\theta_2 = 180 - \text{atg} \left(\frac{0.0178}{0.0222} \right) = 141.02^\circ$$

El ángulo que debe compensar el controlador PID es:

$$\beta = 0.00020486 + 141.02 - 180 = 38.9798$$

El ángulo para el cero a es de 38° y para el cero b será de 0.9798° , entonces:

$$38 = \text{atan} \left(\frac{0.0178}{a - 0.0222} \right)$$

$$a = 0.03567$$

$$0.9798 = \text{atan} \left(\frac{0.0178}{b - 0.0222} \right)$$

$$b = -0.04823$$

La ganancia del controlador es:

$$K = \frac{1}{|Gc(s)GlC(s)|_{s=sd}}$$

$$K = 0.73699$$

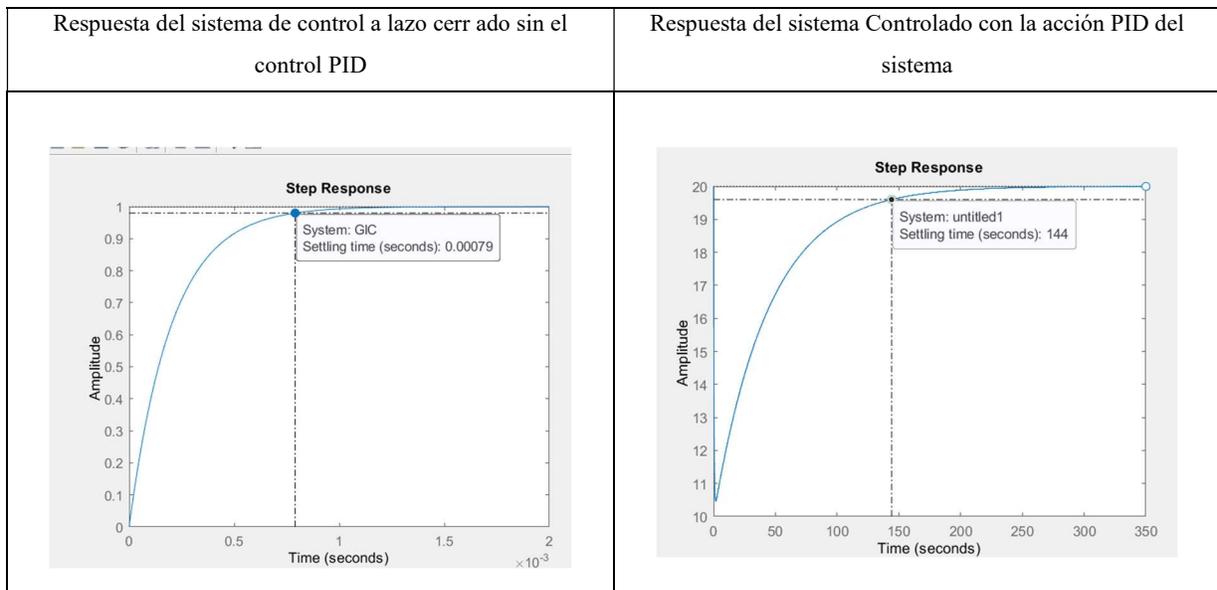
El controlador finalmente se representa mediante:

$$G_c(s) = 0.73699 * \frac{s + 0.045064}{s + 1.3563}$$

Aproximando a función de Kp, ti y td, se obtiene:

$$G_c(s) = 1.0328 \left(1 + \frac{1}{22.928} + 0.71358 \right)$$

Después de obtener los valores respectivos, se presenta las simulaciones del sistema de control mediante el software Matlab, se demuestra cual es el comportamiento que tiene



nuestra planta ahora que se encuentra controlada.

7.10. Subsistema de monitoreo de pH.

Es el subsistema encargado de monitorear de manera constante el nivel de pH al que se encuentran los acuarios, se ubica en el drenaje de las peceras. Los elementos que lo componen son los siguientes:

- **Sensor de pH**

Es el dispositivo encargado de medir el nivel de pH, este dispositivo está sumergido en el agua del sumidero, que es el agua que sale de las peceras individuales. Para su elección se considerará el voltaje y corriente al que trabaja, su precisión, el tipo de señal que entrega y que este hecho de materiales biocompatibles.

- **Alarma**

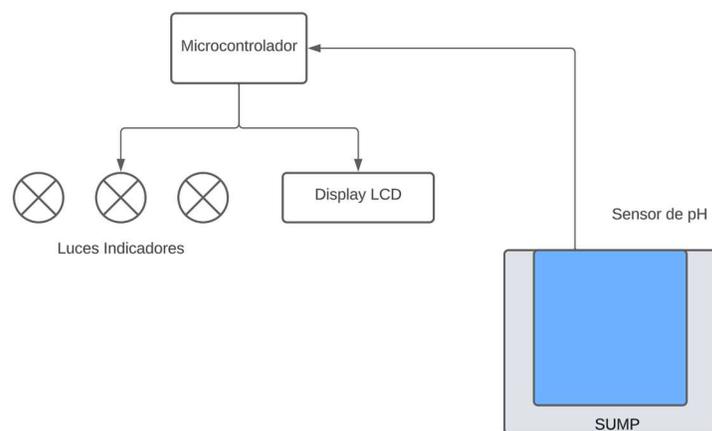
Su función es de alertar cuando el rango en el que se encuentra el pH haya superado el permitido. Debe estar ubicado en un lugar donde pueda ser de fácil visibilidad para los técnicos del CCA.

7.10.1. Propuesta de diseño de monitoreo de pH para la máquina incubadora

En este apartado se diseñará el sistema de monitoreo de pH, en este trabajo se ha decidido enfocar en un sistema que alerte de manera automática cuando el nivel de pH presente en los acuarios no sea el adecuado.

Figura 53

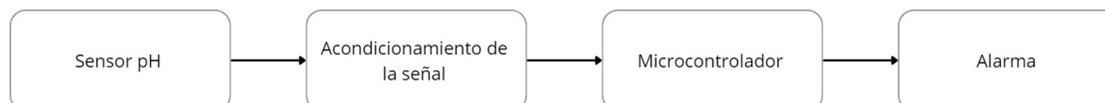
Diagrama de monitoreo de pH.



Nota: la figura 53 muestra la configuración del subsistema de monitoreo de pH, en el que se observa el sensor y su acondicionamiento, actuador y microcontrolador.

Figura 54

Diagrama de bloques sistema de monitoreo de pH.



Nota: Esta figura presenta como esta configurado el subsistema de monitoreo de pH.

Dispositivos eléctricos y electrónicos usados en el sistema de monitoreo de pH

En este apartado se describen cuáles son las especificaciones técnicas de los instrumentos, dispositivos que se usaron en el subsistema de monitoreo de pH. El microcontrolador será el mismo que se usa en el subsistema de control de temperatura el Arduino Mega.

Se describirá al sensor de pH, las luces indicadoras para la alarma, y el display LCD que se usará. Además, se utilizará el módulo de 4 relés descrito en la tabla 12.

- **Sensor de pH**

Es el elemento encargado de medir el potencial de hidrogeno disuelto en el agua, el tiempo de respuesta del sensor debe ser adecuado, además el material que conforme al sensor no debe ser perjudicial para los renacuajos.

El sensor por el que se ha optado es de uso industrial, de la marca Gravity y está diseñado específicamente para medir el valor de pH en una disolución, reflejando si el

fluido presenta acidez o alcalinidad. Este sensor cuenta con una salida filtrada mediante software además de tener una baja fluctuación.

Tabla 18

Especificaciones técnicas del sensor de pH V2 Gravity.

Especificaciones técnicas del sensor de pH V2 Gravity	
Voltaje de alimentación	3.3V – 5V
Voltaje de salida	0V - 3V
Tipo de conector de Sonda	BNC
Precisión de medida	± 0,1 a 25°C
Rango de detección	0-14
Temperatura de operación	-5°C a 60°C

Nota: La tabla 18 expone las especificaciones técnicas del sensor Gravity usado para el monitoreo de pH.

- **Alarma**

Para la alarma se utilizará luces indicadoras que dependiendo si el nivel de pH es alto, bajo, correcto se encenderán o apagarán. Además, al ser el pH un valor que puede estar entre un rango de 0 a 14 se utilizara una pantalla LCD donde se mostrara el valor en tiempo real del pH.

A continuación, se muestran cuáles son las especificaciones técnicas de los dispositivos que se usaran en la alarma.

- **Luces indicadoras**

Se necesita de 3 luces indicadoras, todas de color diferente para enseñar al operario el estado en el que se encuentra el líquido en los acuarios.

Tabla 19

Especificaciones Técnicas de las luces indicadoras.

Especificaciones Técnicas de las luces indicadoras	
Voltaje de alimentación	AC / DC 12V
Colores	Verde, Amarillo, Rojo
Función del piloto	Luminoso

Nota: La tabla 19 muestra cuales son las especificaciones técnicas de las luces indicadoras.

- **Display LCD**

El display LCD será donde se muestre el valor de pH de manera continua, se ubicará en el panel de control para q el operario pueda ver el valor de pH en todo momento, el display LCD ha sido elegido teniendo en cuenta que deberá trabajar con la tarjeta de control Arduino Mega.

Tabla 20

Especificaciones Técnicas display LCD.

Especificaciones Técnicas display LCD	
Resolución	240 x 400
Tamaño del display	3.2 inch
Voltaje de operación	5v
Corriente de operación máxima	150 mA
Conexión	I2C

Nota: La tabla 20 muestra las especificaciones técnicas del display LCD.

- **Módulos relés**

Un módulo relés integrado con optoacopladores, este tipo de dispositivos permiten controlar la corriente que llegaran a un circuito mediante una señal de voltaje, al contar con

un optoacoplador tanto el circuito de control como el de potencia se ven separados por un aislamiento eléctrico.

El módulo de relés que se usará presenta las siguientes especificaciones

Tabla 21

Especificaciones Técnicas módulo de 4 relés.

Especificaciones Técnicas módulo de 4 relés	
Rango de alimentación	3.3V – 5V
Contacto nominal	10 a 250VAC / 30 VDC
Numero de relevadores	4
Pines	GND, IN1, IN2, IN3, IN4, VCC
Temperatura de operación	-30°C a 85°C

Nota: Se muestran cuales son las características del módulo de relés elegido

- **Monitoreo del pH**

Como ya se vio en el marco teórico, mantener el nivel de pH dentro de un rango determinado es fundamental para que los anuros puedan desarrollarse sin mayores problemas, los técnicos del CCA han impuesto que el rango en el que se debe mantener el nivel de pH es de 5 a 7.

7.11. Análisis de costos para la implementación del proyecto

Es necesario realizar un estudio de costos de la construcción y la implementación ya que sirve como información para que el propietario del CCA interesado en el proyecto. Este análisis tiene la finalidad de mostrar de manera detallada cuales son los precios de los materiales, equipos, recursos humanos que se utilizara para construir e implementar la máquina.

Tabla 22.

Análisis General de costos.

ANÁLISIS DE COSTOS			
PROYECTO: MÁQUINA INCUBADORA DE RENACUAJOS			
N °	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Diseño de la máquina	\$ 1600.00	\$ 1600.00
2	Estructura	\$ 1788.96	\$ 1788.96
3	Sistema de control y automatización	\$ 785.76	\$ 785.76
4	Gastos de implementación	\$ 120.00	\$ 120.00
TOTAL			\$ 4294.45

Nota: La tabla 22 muestra los costos que involucran diseñar, construir e implementar la maquina incubadora de renacuajos en el zoológico amaru.

Tabla 23

Costos de la estructura de la máquina, incluye mano de obra y equipos necesarios

Estructura de la máquina Incubadora			
OFERENTE:TDM, Megahierro, Sr. Pablo Sigüenza			
COSTOS DEL MATERIAL			
Descripción.	Cantidad	Pr. Unitario	Pr. Total
Plancha aluminio 2mm	5	\$ 102.87	\$ 514.35
Tubo mecánico cuadrado	8	\$ 9.00	\$ 72.00
Tubo termofusión ½ inch	15	\$ 8.00	\$ 120.00
Codos termofusión ½ inch	30	\$ 0.30	\$ 9
Tee termofusión ½ inch	36	\$ 0.45	\$ 16.20
Válvula globo ½ inch	3	\$ 1.50	\$ 4.50
Válvula de estrangulación ½ inch	15	\$ 0.50	\$ 7.50
Kilo suelda 6011	3	\$ 4.00	\$ 12.00
Sumidero 45 Litros	3	\$ 20.00	\$ 60.00

Acuarios 7 Litros	15	\$ 16.00	\$ 240.00
Silicon 1200 Industrial	1	\$ 4.00	\$ 4.00
Paquetes antideslizantes x5	9	\$ 0.50	\$ 4.50
Filtro poliuretano	3	\$ 5.00	\$15.00
Filtro siporax	3	\$ 5.00	\$ 15.00
Caja metálica 48*26*15	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Tornillos auto roscables	10	\$ 0.10	\$ 1.00
Abrazaderas para tubo termofusión	15	\$ 0.25	\$ 3.75
Parcial A			\$ 1118.80
COSTOS DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS			
Descripción.	Cantidad	Pr. Unitario	Pr. Total
Termofusión	11	\$ 0.50	\$ 5.50
Taladro tarifa por hora	2	\$ 1.80	\$ 3.60
Soldadora tarifa por hora	2	\$ 8.00	\$ 16.00
Cortadora tarifa por hora	2	\$ 5.00	\$ 10.00
Parcial B			\$ 35.10
COSTOS POR MANO DE OBRA			
Descripción	P.N.H	H.T	P. Total
Mecánico	\$ 4.00	50	\$ 200
Ayudante de mecánico	\$ 2.75	50	\$ 137.50
Parcial C		\$ 337.50	
TOTAL DE COSTOS A*B*C			\$ 1490.80
COSTOS INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$ 298.16
VALOR TOTAL PRESUPUESTADO			\$ 1788.96

Tabla 24

Costos de implementación del sistema de control

Costos de implementación del Sistema de control

OFERENTE: Metal/Madera, Sr. Pablo Sigüenza			
MATERIALES			
Descripción.	Cantidad	Pr. Unitario	Pr. Total
Tarjeta Arduino	2	\$ 25.00	\$ 50.00
Sensor D18B20	3	\$ 4.00	\$ 12.00
Sensor de pH Gravity	3	\$ 50.00	\$ 150.00
Luces Piloto12 VDC	6	\$ 2.50	\$ 12.50
Módulo de Relés x4	3	\$ 8.00	\$ 24.00
Pantalla Táctil de 3.5 inch	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Pantalla Lcd 16x2 con modulo I2C	1	\$ 7.00	\$ 7.00
Cables Jumpers x 80	1	\$ 7.00	\$ 7.00
Fuente de 12V	1	\$ 20.00	\$ 20.00
Potenciómetro	3	\$ 0.20	\$ 0.80
Breaker bifásico de protección	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Switch encendido	3	\$ 0.50	\$ 1.50
Calentador de agua	3	\$ 25.00	\$75.00
Bomba de agua	3	\$ 35.00	\$ 105.00
Parcial A			\$ 454.80
MANO DE OBRA			
Descripción	P.H.	H. Requeridas	P. Total
Mecánico Eléctrico	\$ 8.00	25	\$ 200
Parcial B			\$ 200
TOTAL, COSTOS DIRECTOS A*B			\$ 654.80
INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$ 130.96
VALOR TOTAL PRESUPUESTADO			\$ 785.76

Tabla 25

Costos generados por la implementación del proyecto.

Gastos generados por la implementación del proyecto

OFERENTE: Metal/Madera, Sr. Pablo Sigüenza			
MATERIAL			
Descripción.	Cantidad	Pr Unitario	Pr Total
Material de embalaje	3	\$ 15.00	\$ 45.00
Parcial A			\$ 45.00
EQUIPOS Y MATERIALES			
Descripción.	Cantidad	Tarifa	P. Total
Transporte	1	\$ 25.00	\$ 25.00
Parcial B			\$ 25.00
MANO DE OBRA			
	Cantidad	H. T	P. Total
Mecatrónico	2	\$ 10.00	\$ 20.00
Parcial B			\$ 30
TOTAL, COSTOS DIRECTOS A*B*C			\$ 100
INDIRECTOS Y UTILIDAD			\$ 20
VALOR TOTAL PRESUPUESTADO			\$ 120

Nota: La tabla 25 expone el análisis de costos de desarrollo por un propietario de una mecánica industrial.

Para el cálculo del valor de la mano de obra con respecto al personal encargado del diseño de la máquina, se tomó como base el sueldo promedio de un profesional dedicado al diseño en software, y se ha impuesto que la tarifa a cobrar por hora es de \$10.00 por hora, se incluye el conocimiento y manejo del software necesario para realizar el diseño y su posterior análisis. A continuación, se presenta el valor total calculado con respecto al diseño.

Tabla 26

Análisis de costos del desarrollo del diseño de la máquina.

Descripción	P.N.H	H.T	P. Total
--------------------	--------------	------------	-----------------

Mecatrónico 1	\$ 10.00	80	\$ 800.00
Mecatrónico 2	\$ 10.00	80	\$ 800.00
TOTAL			\$ 1600.00

Nota: Esta tabla expone el estudio de los costos del desarrollo del diseño de la maquina incubadora de ranas que permita controlar la temperatura y monitorear el pH diseñado para las ranas en fases embrionaria y de metamorfosis para el zoológico amaru.

El diseño, construcción e implementación de la máquina incubadora tiene un costo de:

\$ 4294.95.

8. Resultados

8.1. Objetivo específico 1: Establecer los parámetros iniciales para el diseño de la máquina incubadora de ranas.

La determinación de los parámetros iniciales para diseñar la maquina incubadora de ranas, parte del estudio del estado del arte previo al diseño de la máquina, puede definir las necesidades que la máquina incubadora tendrá que resolver . Actualmente, el diseño de las maquinas incubadoras de ranas y peces está en auge en países desarrollados que cuentan con estos tipos de tecnologías, pero en ecuador estos sistemas no existen por ello se desarrolló una maquina capas de suplir estas necesidades. En la tabla 27 se presenta el a la maquina con su respectivo dimensionamiento que se definió entre los parametros de diseño.

Figura 55

Diseño de la maquina incubadora de ranas.



Nota: La máquina Incubadora prototipada cumple con las dimensiones que se plantearon.

Tabla 27

Parámetros iniciales para el desarrollo del proyecto de titulación.

Denominación	Largo	ancho	altura
Lugar de implementación	2m	2m	2.50m
Automatización previa	Se necesita monitorear pH mediante una interfaz HMI		
Fuente de energía	Energía eléctrica		
Líneas Eléctricas	Línea 110V		
Material de peceras y sump.	Vidrio		

Nota: En la tabla 27 se presenta las condiciones iniciales que miembros del CCA del zoológico impusieron.

Se busco un diseño que sea capaz de cumplir con los parametros que fueron definidos en la tabla 26, se busca presentar una maquina capaz de suplir estas necesidades, ya que de esta manera se puede resolver la problemática que presenta el zoológico. El diseño presenta

condiciones técnicas, que ayudan a garantizar la durabilidad del tiempo útil de la máquina, además en la parte electrónica de la maquina presenta condiciones de seguridad al usuario.

8.2. Objetivo específico 2: Propuesta del diseño mecánico y electrónico de la maquina incubadora de ranas.

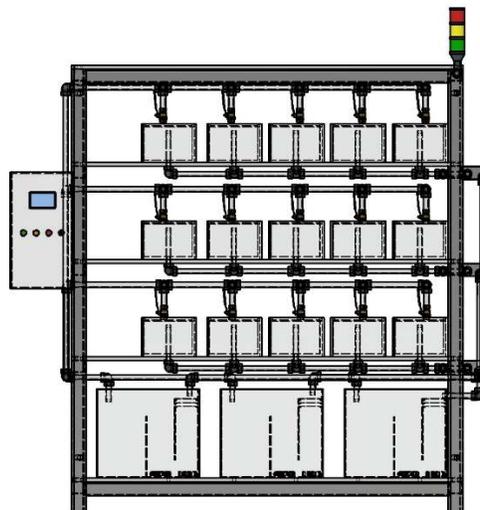
La realización de los diseños inicia desde el diseño mecánico, un diseño del subsistema de control de temperatura de la máquina como finalmente un diseño del subsistema encargado del monitoreo de pH.

- **Diseño de la estructura.**

Para el desarrollo del diseño de la parte mecánica de este proyecto se hizo uso de una herramienta cad que ayuda a diseñar el modelo de la estructura, peceras, sistema de fluido de agua tal como se presenta en la figura 56.

Figura 56

Diseño propuesto de la maquina incubadora de ranas.



Nota: La figura 56 muestra el diseño planteado de la maquina incubadora de ranas.

La tabla 28 se detalla los elementos mecánicos que son de la máquina, sus características como también la cantidad de estos.

Tabla 28

Parámetros de diseño mecánico.

DISEÑO MECÁNICO			
Dimensiones	200x200x180		
Forma	Tubo cuadrado		
ELEMENTOS MECANICOS			
NOMBRE	Material	dimensiones	Cantidad
Estructura	Hierro negro	200x200x280	1
Acuarios	Vidrio	20x20x13	15
sump	Vidrio	60x40x40	3
Sistema de fluido	Tubo PVC	1/2in	20m

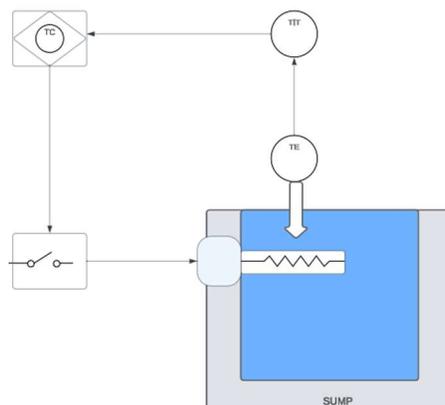
Nota: Se presenta las dimensiones de los materiales necesarios para la construcción del proyecto.

- **Diseño del control.**

Basándose en la información del libro de Ogata, se realizó el diseño del subsistema de control de la máquina incubadora en la que se propone un subsistema de control de un tanque de temperatura, este se realizó en dos etapas de hardware que abarca todo el modelo físico del control y el software que es el uso de herramientas electrónicas para su implementación.

Figura 57

Diagrama PD del proceso de control de temperatura.



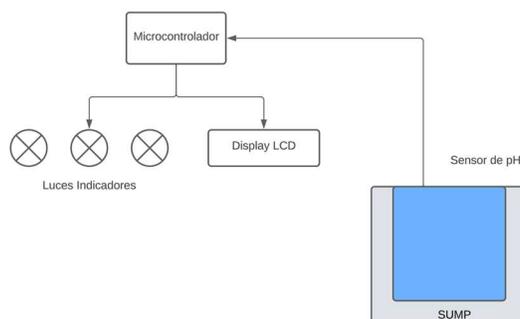
Nota: Configuración del sistema PID

- **Diseño de monitoreo de pH.**

Para el monitoreo de pH, se hizo uso de un sensor de pH que ayuda en las mediciones del agua con ayuda de programación se realizó un sistema de alarma que consta de indicadores de niveles de pH como se expone a continuación.

Figura 58

Diagrama de funcionamiento de pH.



Nota: Se muestra cómo se realiza el monitoreo de pH.

8.3. Objetivo específico 3: Análisis de costos para la implementación de la maquina incubadora de ranas.

Para definir el costo de la maquina incubadora se hizo un estudio de los costos individuales con los servicios, materiales e instalaciones que hay en la provincia del Azuay. De igual forma para la implementación de materiales eléctricos como electrónicos se realizó compras dentro de la ciudad de cuenca, en la tabla 29 expone el costo total de implementación de la máquina incubadora de ranas.

Tabla 29

Gastos de Inversión en la máquina incubadora de ranas.

INVERSION			
PROYECTO: MÁQUINA INCUBADORA DE RENACUAJOS			
N °	Descripción	P. Unitario	P. Total
1	Diseño de la máquina	\$ 1600.00	\$ 1600.00
2	Estructura de la máquina	\$ 1788.96	\$ 1788.96
3	Sistema de control y automatización	\$ 785.76	\$ 785.76
4	Gastos de implementación	\$ 120.00	\$ 120.00
TOTAL			\$ 4294.45

Nota: La tabla 29 muestra los gastos que implica el diseño, construcción e implementación de la máquina incubadora.

Para la cotización se dio gracias a que se prototipo una parte de la máquina, gracias a esto se pudo dimensionar todos los gastos intervinientes en el diseño y la implementación de esta. La cantidad de gasto estimado incluyendo gasto de mano de obra es de aproximadamente \$4.810,34 dólares americanos incluidos IVA.

9. Conclusiones

- La implementación de la máquina incubadora con temperatura controlada y monitoreo de pH para la crianza de ranas en fase embrionaria y de metamorfosis en el zoológico Amaru, aportará beneficios al proceso de crianza de ranas como: mantener recirculación constante de agua lo que permitirá disminuir los contaminantes diluidos al pasar el agua de manera constante por diversos filtros; agrupar a los individuos de ranas en diferentes peceras a la misma temperatura, lo que es beneficioso debido a que se disminuye el hacinamiento y se ocupa solo un equipo calentador; mantener un monitoreo constante del nivel de pH.
- El diseño de la maquina incubadora cuenta con tres subsistemas que permite criar a ranas a tres temperaturas diferentes desde 18°C a 26°C, en cada subsistema se cuenta con 5 peceras independientes entre sí lo que permite que los renacuajos estén aislados por grupos, esto presenta una ventaja ante el método de crianza que se tiene en la actualidad en el que todos los renacuajos se encuentran en una sola pecera, y solamente se trabaja a una temperatura establecida.
- La máquina incubadora para anfibios diseñada se caracteriza ante otros métodos de crianza porque cuenta con un subsistema de monitoreo constante de pH en el que se indica si el nivel de pH ha superado lo establecido y pueda llegar a ser perjudicial para el correcto crecimiento de los renacuajos, un subsistema que permita controlar la temperatura que permite mantener las peceras entre un rango de 18°C – 26 °C.
- El subsistema de control fue planteado en base al estudio del modelado del sumidero, teniendo en cuenta que el sistema es RAS, es decir que existe recirculación de agua en todo el sistema, haciendo que el caudal de agua de salida del sumidero sea igual al caudal que se mide en la entrada del sumidero de agua que ingrese en el sumidero. En el sumidero mediante un calentador eléctrico y un sensor de temperatura sumergido en el agua se realiza el control de temperatura.
- El subsistema de monitoreo de pH se basa en la lectura contante del sensor de pH sumergido en el agua que se encuentran los renacuajos, en caso de que el nivel de pH sobrepase los valores establecidos, se activa una luz piloto que indica a los operarios que el estado del agua no es óptimo para el desarrollo de los renacuajos.

- Mediante la construcción de un prototipo que cumple con las medidas reales, se recreó una hilera de peceras, con la finalidad de revisar la variación de temperatura que existe en el sumidero donde se calienta el agua y las peceras, se llegó a la conclusión que cuando el sistema se encuentra en funcionamiento la variación de temperatura es mínima siendo menor a 1 grado. El prototipo de igual manera sirvió para revisar el caudal de ingreso a las peceras, se comprobó que está dentro del rango del caudal calculado.
- Se realizó el análisis de los costos que representa el diseño, construcción e implementación de la propuesta de la máquina, para este análisis se consideró los materiales, dispositivos que componen a la máquina, y los recursos humanos necesarios para construir la máquina. Se cotizó a los dispositivos, materiales y mano de obra en diversos lugares, siendo elegidos para este trabajo los que se consideraron mejores dependiendo del precio, disponibilidad y transporte; el resultado indica que llevar a cabo esta propuesta tiene el precio de \$4294.45.

10. Recomendaciones

- Se recomienda incluir aislamiento térmico a las tuberías, peceras para asegurar que la variación de temperatura sea mínima.
- Se recomienda tapar al sumidero y a las peceras para evitar a evaporación excesiva de agua.
- Se recomienda agregar equipos oxigenadores creados para trabajar con animales acuáticos, además de agregar luz ultravioleta dependiendo de la especie de renacuajos con el que se esté trabajando.
- La máquina está diseñada exclusivamente para renacuajos en sus etapas iniciales, cuando entran en etapas de metamorfosis se desarrollan sus extremidades y es necesario que el animal pueda asentarse sobre alguna superficie seca.
- Debido a la capacidad de procesamiento de la tarjeta Arduino y de la cantidad de tareas que esta debía realizar, se optó por contar con dos tarjetas, una que este enfocada al uso de la pantalla, y el subsistema de monitoreo de pH, otra tarjeta que se encargue del subsistema de control de temperatura, se recomienda explorar con

microcontroladores de mayor capacidad que puedan realizar todas estas tareas de manera eficiente.

11. Referencias

- ACUARIOS, B. (23 de Julio de 2017). *ACUAREMA*. Obtenido de ACUAREMA: <https://acuarema.com/filtro-acuario/>
- Acuariotecnia . (19 de Julio de 2021). *MEDIOS FILTRANTES: ESPUMA/ESPONJA/FOAMEX*. Obtenido de <https://acuariotecnia.com/guia/espuma-esponja-foamex.html>
- Adam, S., & Jim , B. (s/f). *Alcainidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales*. (U. E. Ambientales, Ed.) Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Agrotendencia.Tv. (13 de Octubre de 2020). *Acuicultura* . Obtenido de Sistemas de recirculación y sus ventajas : <https://agrotendencia.tv/agropedia/agropedia/acuicultura/ras-sistemas-de-recirculacion-de-agua-en-acuicultura/>
- Amaru Bioparque Cuenca* . (2023). Obtenido de ZoobioparqueAmaru: <https://www.zoobioparqueamaru.com/nuestros-animales/anfibios/>
- Apelsa. (16 de Diciembre de 2019). *Como elegira la mejor bomba de agua para tu acuario*. Obtenido de <https://apelsa.es/como-elegir-la-mejor-bomba-de-agua-para-tu-acuario/#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20de%20tu%20acuario,hora%20su%20volumen%20de%20agua.>
- Aventura Acuatica . (2020). Obtenido de <https://www.acuatica.com.ec/bombas-motores/34-wp-350s-sobo-bomba-de-agua.html>
- Bachmann, K. (1969). *Temperature Adaptations of Amphibian Embryos*. The American.
- Blaustein, A. &. (2007). *Amphibian Population Declines: Evolutionary Considerations*. *BioScience* 57. Bancroft.
- Buyers, C. (14 de agosto de 2019). *Made-in-china(Conecing buyers with chinese suppliers)*. Obtenido de https://pt.made-in-china.com/co_bestpacking/product_Water-Aquarium-Sponge-Filter-10-60ppi-Reticulated-Polyurethane-Foam-Filter_eguehiryy.html

- Carbotecnia. (2021). *Carbotecnia*. Obtenido de Sensores de pH y ORP: <https://www.carbotecnia.info/producto/sensor-de-ph-dulcotest-prominent/>
- Castellanos, A. (Mayo de 2020). *Animales y Biología* . Obtenido de <https://animalesbiologia.com/anfibios/informacion-amphibia/temperatura-corporal-de-los-anfibios>
- Corales y marinos. (18 de Marzo de 2021). *Corales y marinos*. Obtenido de Sump en el acuario marino : <https://www.coralesymarinos.com/sump-en-el-acuario-marino/>
- Electrobombas Javea . (2018). *Tecnologías del agua* . Obtenido de <https://electrobombasjavea.com/blog/que-es-una-bomba-de-agua-y-como-funciona-una-electrobomba>
- Fontaneria Lucero. (2022). *Blog ¿Como Funciona un termostato para acuarios?* Obtenido de https://www.fontanerialucero.es/como-funciona-un-termostato-para-acuarios/?expand_article=1
- Guerrero, F. C. (2017). *Filtros biológicos-mecánicos-químicos*. España: Iee.
- Hidros. (2023). *Grupo los Hidros CD*. Obtenido de Tubería y Accesorios PPR Roscable (Polipropileno): <https://grupoloshidroscd.ec/polipropileno/>
- ICA. (03 de Marzo de 2020). *Guía práctica de iniciación al Acuario*. Obtenido de Sistemas de filtración: https://www.icasa.com/wpcontent/uploads/2017/02/guia_del_acuario_HD.pdf
- ILA. (2021). *ILA [Fotografía]*. Obtenido de Acuario Betta Rack: <https://ilaeuropa.pt/es/habitat/espacio-betta/>
- Martínez, N. (2019). *Diseño de un sistema acuapónico prefabricado, combinando áreas de cultivo vertical y horizontal* . Oaxaca : Universidad Tecnológica de la Mixteca .
- Mercado Acuático . (2015). *Mercado Acuático'- Guía de Acuarismo [Fotografía]*. Obtenido de Mercado Acuático: <https://mercadoacuatico.com/guia-de-acuarismo/tipos-de-termometros-para-acuarios/>
- Ministerio del Ambiente del Ecuador . (2019). Sistematización del I Simposio Internacional sobre Conservación de Anfibios., (pág. 6). Cuenca.
- Munson , B. R., Young , D. F., & Okishi, T. H. (2022). *Fundamentos de Mecánica de Fluidos* . Limusa .
- Muñoz , M., & Ramos , P. (2006). Anfibios y Reptiles . *Anfibios y Reptiles en la reserva de los Encinos* , 1-3.
- Naylamp Mechatronics SAC. (2023). *Naylamp Mechatronics* . Obtenido de https://naylampmechatronics.com/blog/46_tutorial-sensor-digital-de-temperatura-ds18b20.html

- Nazareno, F. (2011). *Diseño de un acuario para la ciudad de manta* . Cuenca : Universidad Tecnológica Equinoccial .
- Novillo, C. (4 de Marzo de 2022). *Ecología Verde* . Obtenido de Ciclo de vida de una Rana : <https://www.ecologiaverde.com/ciclo-de-vida-de-una-rana-2340.html>
- Ochoa, E., & Chulli , E. (2022). *Diseño de una unidad de reproducción de peces ornamentales dulceacuícolas con recirculación de agua para su uso en estudios a pequeña escala* . Guayaquil : Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL.
- Panorama de Aqüicultura. (1992). Ranario.
- Portillo, G. (Julio de 2021). *Depeces [Fotografía]*. Obtenido de Calentado de acuario : <https://www.depeces.com/calentador-de-acuario.html>
- Proyecto Conservacion de Anfibios y Recursos Genéticos . (2017). *Conservacion de Anfibios* . Obtenido de <http://www.conservaciondeanfibios.org/parg---ecuador.html>
- Ramírez, M. T. (2017). Protocolo para la reproducción, incubación y crecimiento de la rana toro americana en condiciones controladas en México. Obtenido de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/1767/FB-M-2017-0407.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Riego Ecuador . (2023). Obtenido de <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/bomba-sumergible-pecera>
- Ron, S., Guayasamin, J., & Menéndez. (2011). *Biodiversity and Conservation Satus of Ecuadorian Amphibians. Amphibian Biology, Volume 9, Part 2*. Australia : eds Heatwolw H.
- Rovedatti, G. (1995). *Ecofisiología de anuros: aspectos de catabolismo del nitrogeno en condiciones fisiologicas y de estres ambiental*. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UBA.
- Sourav. (18 de Junio de 2023). *Microbiologynote*. Obtenido de Etapas en el desarrollo de una rana: desarrollo preembrionario, embrionario y postembrionario: https://microbiologynote.com/es/stages-in-the-development-of-frog-pre-embryonic-embryonic-and-post-embryonic-development/#google_vignette
- Verdecora . (2020). *Como elegir una bomba de agua para acuario* . Obtenido de <https://verdecora.es/blog/elegir-bomba-agua-acuario#:~:text=E1%20c%C3%A1culo%20habitual%20que%20se,para%20hacer%20correctamente%20su%20funci%C3%B3n>.
- Villajuelca, J. C. (septiembre de 26 de 2019). *instrumentacionycontrol.net*. Obtenido de <https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>

ANEXOS

A. Tabla de propiedades del agua saturada (Yunus & Ghajar, 2011)

TABLA A-9

Propiedades del agua saturada

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} , kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpía de vaporización, h _{fg} , kJ/kg	Calor específico, c _p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 185	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—
374.14	22 090	317.0	317.0	0	—	—	—	—	0.043 × 10 ⁻³	4.313 × 10 ⁻⁵	—	—	—

Nota 1: La viscosidad cinemática ν y la difusividad térmica α se pueden calcular a partir de sus definiciones, $\nu = \mu/\rho$ y $\alpha = k/\rho c_p = \nu/Pr$. Las temperaturas de 0.01 °C, 100 °C y 374.14 °C son las temperaturas de los puntos triple, de ebullición y crítico del agua, respectivamente. Las propiedades cuya lista se da arriba (excepto la densidad del vapor) se pueden usar a cualquier presión con error despreciable, excepto a temperaturas cercanas al valor del punto crítico.

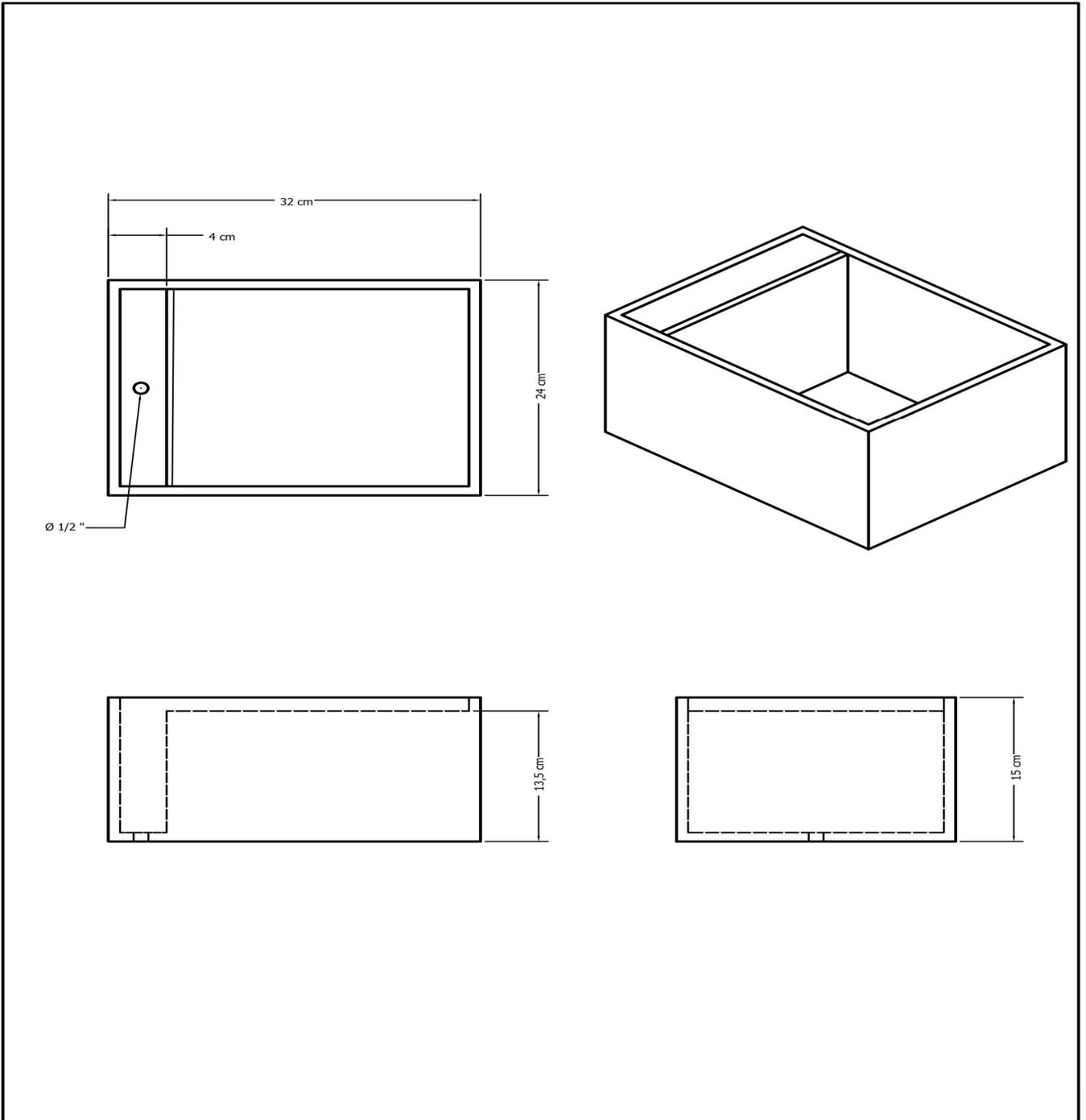
Nota 2: La unidad kJ/kg · °C, para el calor específico, es equivalente a kJ/kg · K y la unidad W/m · °C, para la conductividad térmica es equivalente a W/m · K.

Fuente: Los datos de la viscosidad y la conductividad térmica se tomaron de J. V. Sengers y J. T. R. Watson, *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 15 (1986), pp. 1291-1322. Los otros datos se obtuvieron de diversas fuentes o se calcularon.

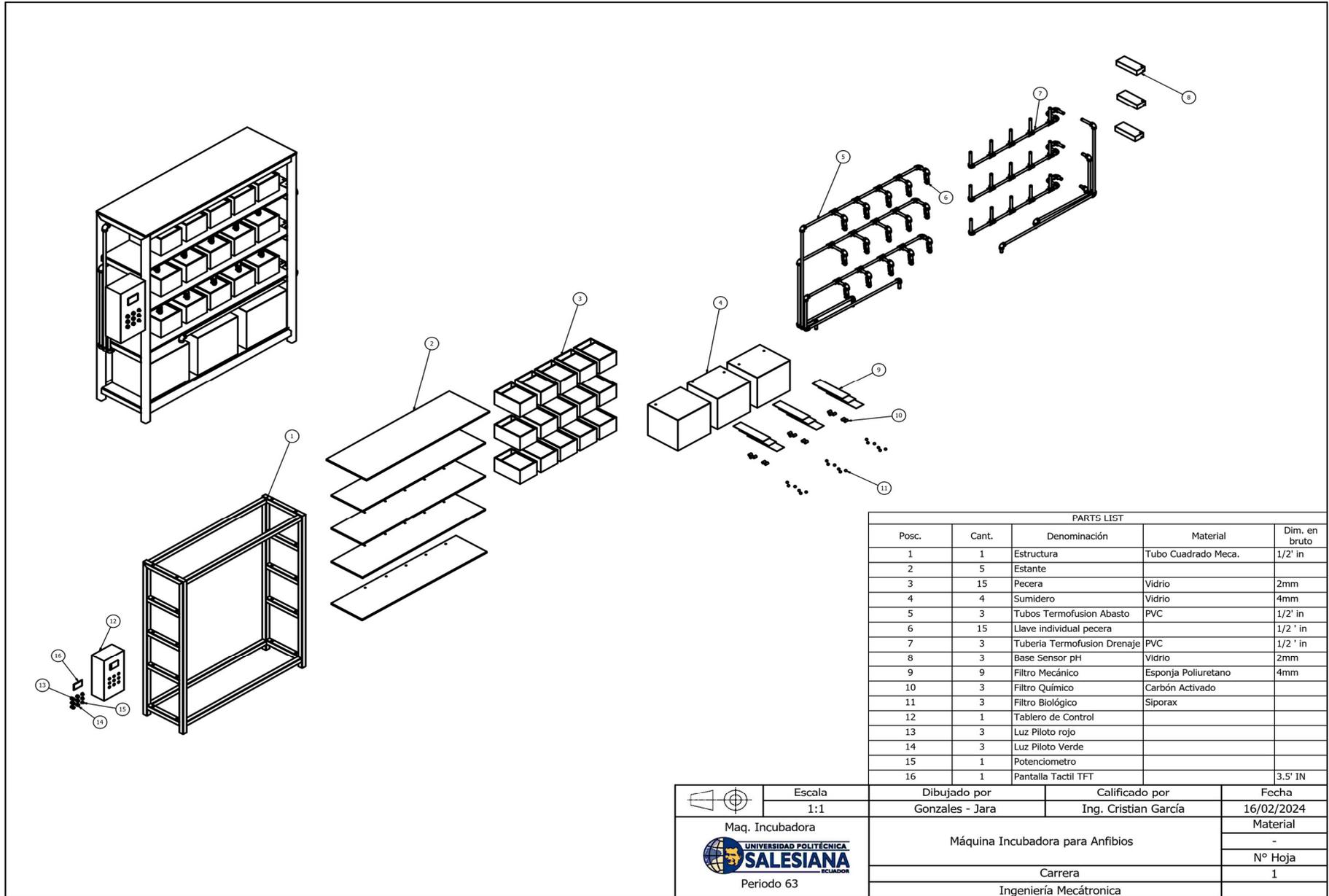
B. Coeficientes de Accesorios (CONAGUA, 2002)

Pieza, Conexión o Dispositivo	Kl
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula globo abierta	10.0
Válvula alfalfera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

C. Planos de la maquina Incubadora de anfibios

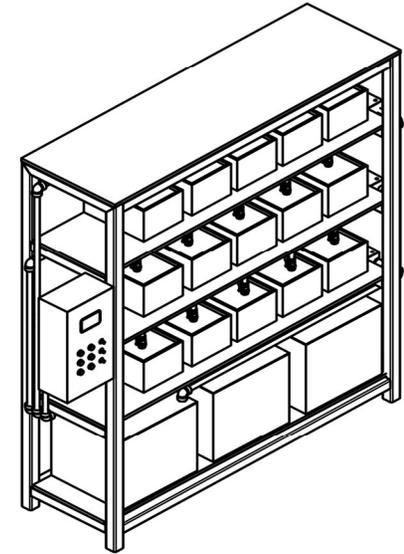
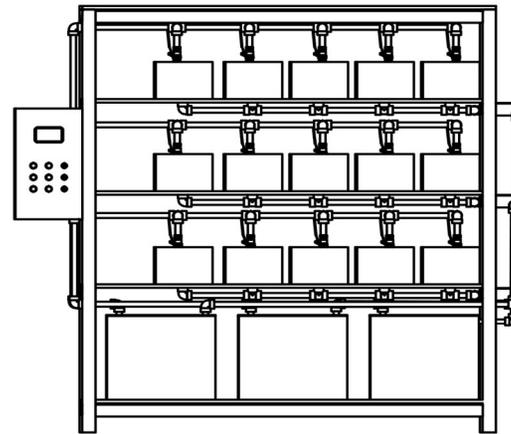
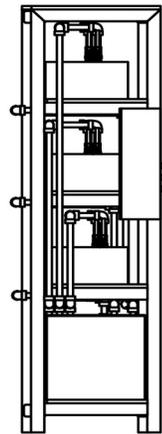
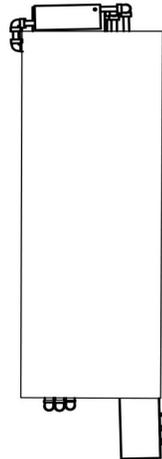


	Escala 1:1	Dibujado por Gonzales - Jara	Revisado por Ing. Cristian García	Fecha 16/02/2024	
	Maq. Incubadora			Nivel Grupo 8 -	
			Carrera Ingeniería Mecatrónica		N° Hoja 2
Período 63					



PARTS LIST				
Posc.	Cant.	Denominación	Material	Dim. en bruto
1	1	Estructura	Tubo Cuadrado Meca.	1/2' in
2	5	Estante		
3	15	Pecera	Vidrio	2mm
4	4	Sumidero	Vidrio	4mm
5	3	Tubos Termofusion Abasto	PVC	1/2' in
6	15	Llave individual pecera		1/2' in
7	3	Tuberia Termofusion Drenaje	PVC	1/2' in
8	3	Base Sensor pH	Vidrio	2mm
9	9	Filtro Mecánico	Esponja Poliuretano	4mm
10	3	Filtro Químico	Carbón Activado	
11	3	Filtro Biológico	Siporax	
12	1	Tablero de Control		
13	3	Luz Piloto rojo		
14	3	Luz Piloto Verde		
15	1	Potenciometro		
16	1	Pantalla Tactil TFT		3,5' IN

	Escala 1:1	Dibujado por Gonzales - Jara	Calificado por Ing. Cristian Garcia	Fecha 16/02/2024
	Maq. Incubadora Maquina Incubadora para Anfibios Carrera Ingeniería Mecatrónica			Material - N° Hoja 1



	Escala	Dibujado por	Calificado por	Fecha
	1:15	Gonzales - Jara	Ing. Cristian García	16/02/2024
Máq. Incubadora  Periodo 63	Máquina Incubadora para Anfibios			Material
	Carrera			-
	Ingeniería Mecatrónica			Nº Hoja
			3	

D. Programación del control

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <PID_v2.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //The LCD address and size. You can change according to you
yours
#define pinData 2 // Pin donde se conectará el pin de datos.
#define SSR 6 // relé de estado solido
#define led 8 // led que indica que la resistencia esta activada
#define tiempoCiclo 1000 // tiempo de ciclo transcurrido
#define pot_SP 1 // potenciómetro para definir setpoint conectado en
la entrada A0
double Setpoint, Input, Output; // Define Variables
double Kp=1.0328, Ki=0.04494, Kd=0.7369; // Especifica parametros iniciales del
PID
float temperatura=0; // Comienza la temperatura en cero

unsigned long respuestaUltimaTemperatura = 0;
unsigned long lastPIDCalculation = 0;
float prevTemperature = -9999.0;

PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint, Kp, Ki, Kd, DIRECT);
OneWire ourWire(pinData); // Pin como bus para la comunicación OneWire
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se instancia la librería
DallasTemperature

void setup()
```

```

{
  lcd.init();// arranca librerias
  myPID.SetOutputLimits(0, tiempoCiclo);
  myPID.SetSampleTime(tiempoCiclo);
  myPID.SetMode(AUTOMATIC);
  Serial.begin(115200);                // Arranca comunicación serie
  pinMode(SSR, OUTPUT);
  digitalWrite(SSR, LOW);
  pinMode(led, OUTPUT);
  digitalWrite(led, LOW);
  sensors.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.print("CONTROL TEMPERATURA");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("MAQ INCUBADORA");
  delay(2000);
  lcd.clear();
}

void loop(){
  int Setpoint_int=analogRead(pot_SP);
  Setpoint = double( map(Setpoint_int,0,1023,0.0,25.0)); //si el programa no funciona comentar esta
  linea
  ////////////////////////////////////TEXTO DE INICIO////////////////////////////////////
  ////// VARIABLE DONDE GUARDAMOS LA TEMPERATURA QUE DESEAMOS //////////////////////////////////
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("SETPOINT=");
  lcd.print(Setpoint);
  lcd.write(1);

```

```

lcd.print("C ");
////////// IMPRIMIMOS LA TEMPERATURA DEL SENSOR //////////
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("TEMPE=");
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0));
lcd.write(1);
lcd.print("C ");
////////////////////////////////////
if (millis() - respuestaUltimaTemperatura >= tiempoCiclo) {
temperatura = sensors.getTempCByIndex(0); //lee el valor del sensor
    Input = (double)temperatura;      //pasar a variable input

    myPID.Compute();
    lastPIDCalculation = millis();    //cálculo de tiempos para generar el on/off
    sensors.requestTemperatures();
    respuestaUltimaTemperatura = millis();
}
control();
}

void control() {

    if ((millis() <= (lastPIDCalculation + Output)) || (Output == tiempoCiclo)) { // control on/off del
rele de estado sólido que controla la resistencia, ( las dos anotaciones de debajo explican las dos
opciones de calentamiento )

        // Power on:

        digitalWrite(SSR, HIGH); // 1 OPCION creación de PWN ( se siguen las indicaciones del creador
de las librerías)

        digitalWrite(led, HIGH); //2 OPCION SALIDA =AL TIEMPO DE CICLO, si este mucho rato
calentando y no consigue llegar a consigna la señal cambia a uno y se queda siempre alentando

    } else {

```

```
// Power off:  
digitalWrite(SSR, LOW);  
digitalWrite(led, LOW);  
}  
  
//delay(10);  
}
```