

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Diseño integral de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Pauracocha

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTENCIÓN
DEL GRADO DE BACHILLER EN CIENCIAS CON
MENCIÓN EN INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTOR

Pablo Remigio Díaz Vergara

ASESOR

Ing. Pedro Moises Crisóstomo Romero

Lima, setiembre, 2020

Resumen

Escribir resumen aquí. Pellentesque venenatis, nibh id viverra elementum, ligula nulla scelerisque quam, vel vehicula nisl elit ut lorem. Nullam mattis nunc libero, ac ornare tortor consequat nec. Suspendisse eleifend nibh id lorem consequat ornare. Nunc condimentum turpis nibh, sed ultrices massa consequat nec. Ut id magna risus. Morbi id dapibus nunc. Sed quis auctor nulla. Curabitur velit metus, aliquam sit amet velit ut, tincidunt consequat magna.

Considera los siguientes puntos:

1. Desarrolle un único párrafo (200 a 300 palabras)
2. Escriba en tiempo verbal presente
3. El resumen debe contener información sobre:
 - - La justificación de la investigación
 - - Los objetivos o hipótesis
 - - La teoría o supuestos teóricos o metodológicos en la que se sustenta
 - - El método o procedimiento realizado (de ser necesario)
 - - Los resultados (de ser necesario)
 - - La conclusión principal

Introducción

Vulputate mi sit amet mauris commodo quis imperdiet. Dolor sit amet consectetur adipiscing. Viverra maecenas accumsan lacus vel facilisis volutpat est velit. Dictum fusce ut placerat orci nulla pellentesque dignissim. Habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada. Malesuada fames ac turpis egestas integer eget aliquet nibh. Lobortis feugiat vivamus at augue eget arcu. Vel quam elementum pulvinar etiam. Id diam vel quam elementum pulvinar. Malesuada fames ac turpis egestas.

Sociis natoque penatibus et magnis. Ullamcorper eget nulla facilisi etiam dignissim diam quis enim lobortis. Pellentesque elit eget gravida cum sociis natoque penatibus. Tellus orci ac auctor augue mauris augue neque gravida. Hendrerit dolor magna eget est lorem ipsum dolor sit amet. Odio euismod lacinia at quis. Blandit cursus risus at ultrices. Varius morbi enim nunc faucibus a pellentesque sit. A cras semper auctor neque vitae. Ultrices sagittis orci a scelerisque purus semper eget. Habitant morbi tristique senectus et netus. Mauris pellentesque pulvinar pellentesque habitant.

Agradecimientos

Vulputate mi sit amet mauris commodo quis imperdiet. Dolor sit amet consectetur adipiscing. Viverra maecenas accumsan lacus vel facilisis volutpat est velit. Dictum fusce ut placerat orci nulla pellentesque dignissim. Habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada. Malesuada fames ac turpis egestas integer eget aliquet nibh. Lobortis feugiat vivamus at augue eget arcu. Vel quam elementum pulvinar etiam. Id diam vel quam elementum pulvinar. Malesuada fames ac turpis egestas.

Índice

<i>Resumen</i>	i
<i>Introducción</i>	ii
<i>Agradecimientos</i>	iii
<i>Índice</i>	iv
<i>Índice de figuras</i>	vi
<i>Índice de tablas</i>	viii
 <i>I. — Antecedentes</i>	 1
1.1 Descripción del sistema conceptual	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Alcance	2
 <i>II. — Diseño mecatrónico integral</i>	 3
2.1 Desarrollo de diseño mecatrónico integral	3
2.1.1 Descripción del sistema integral	4
2.1.2 Subsistema de recepción y traslado de truchas	9
2.1.3 Subsistema de procesamiento de imágenes	22
2.1.4 Subsistema de suministro de energía	32
2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario	35
2.1.6 Subsistema de flotación	43
2.1.7 Planos del sistema	45

<i>III. — Pruebas y resultados</i>	47
3.1 Algoritmos de conteo de truchas	47
3.1.1 Criterios de evaluación	47
3.1.2 Comparación	48
3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas	48
3.2 Simulación estructural	48
3.3 Simulación dinámica del sistema	49
 <i>IV. — Estimación de costos</i>	 50
4.1 Costos de diseño	50
4.2 Costos de manufactura	50
4.3 Costos de componentes	50
4.4 Costos de materiales	51
4.5 Costos total del sistema	51
 <i>Conclusiones</i>	 52
 <i>Recomendaciones</i>	 53
 <i>Referencias</i>	 55

Índice de figuras

1.1	Dibujo del concepto óptimo	1
2.1	Estado de diseño mecatrónico: sub-soluciones	3
2.2	Fases de diseño según VDI 2221	4
2.3	Arquitectura de hardware del sistema	6
2.4	Cálculo de dimensiones y ángulo de la tolva	10
2.5	Ángulo de tolva vs aceleración en la trucha	12
2.6	Diseño de tuberías para el concepto óptimo	13
2.7	Filtro único	13
2.8	Diagrama de control de electrovalvulas	16
2.9	Control PID de una electrovalvula	16
2.10	Compuerta	18
2.11	Velocidad de compuerta	18
2.12	Mecanismo servomotor-compuerta	21
2.13	Engranajes del mecanismo de compuertas	22
2.14	Posicionamiento del sensor infrarrojo	23
2.15	Análisis de posición de luz infrarroja	24
2.16	Cálculo de posición de luz infrarroja	24
2.17	Cálculo de distancia máxima de desviación de haz de luz en condiciones ideales.	25
2.18	Pruebas de medición con distintas distancias al objeto.	27
2.19	Diagrama esquemático y dependencia de la distancia del objeto seguido por una cámara estéreo.	27
2.20	Opciones de posicionamiento de iluminación.	29
2.21	Ejemplo de tabla	30
2.22	Ejemplo de tabla	31
2.23	Ejemplo de tabla	32

2.24	Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris	36
2.25	Potencia requerida por componente	40
2.26	Diagrama de flujo principal	41
2.27	Aplicación móvil: inicio de sesión	43

Índice de tablas

2.1	Tabla comparativa de propiedades entre <i>Aluminio</i> vs <i>AceroInoxidable</i>	7
2.2	Tabla comparativa de propiedades entre <i>PMMA</i> vs <i>PVDF</i>	8
2.3	Tabla comparativa de propiedades entre <i>HDPE</i> vs <i>PVC – U</i>	9
2.4	Materiales de fabricación por subsistema	9
2.5	Tabla comparativa de electroválvulas	15
2.6	Tabla comparativa de bombas de agua sumergibles.	17
2.7	Tabla comparativa de servomotores.	20
2.8	Tabla comparativa de sensores infrarrojos.	26
2.9	Tabla comparativa de cámaras estéreo.	28
2.10	Tabla comparativa de bocinas	37
2.11	Tabla comparativa de interruptor de seguridad de apagado de emergencia. . .	38
2.12	Tabla comparativa de interruptor de interruptor tipo hongo.	39
2.13	Tabla comparativa de flotadores.	44
2.14	Lista de planos de ensamble.	45
2.15	Lista de planos de despiece	46

I Antecedentes

1.1 Descripción del sistema conceptual

El presente trabajo es la continuación del trabajo "Diseño conceptual de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Paucarcocha" ¹. En la Figura 1.1 se muestra el bosquejo del concepto de solución óptimo como su virtualización.

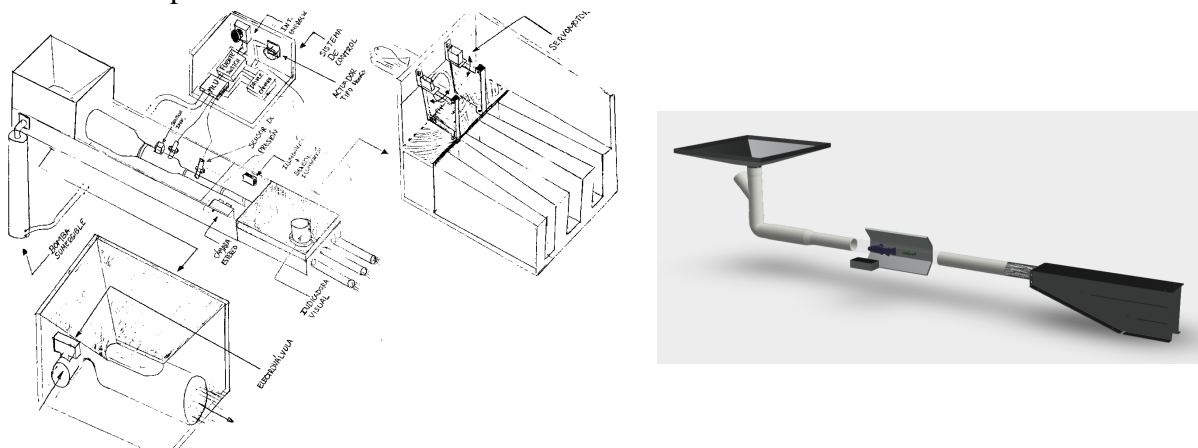


Fig. 1.1 – Dibujo del concepto óptimo

Fuente: Díaz Vergara (2020).

El desarrollo de ingeniería del concepto se realizó en el programa *Fusion 360*². Tanto los diseños como renders³ pueden ser visualizados en su última versión de manera online gracias

¹Díaz Vergara (2020)

²"Integrated CAD, CAM, CAE, and PCB software". Enlace:<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>

³Imágenes procesadas de un diseño para ser foto-realistas.

al software. En el presente trabajo se brindarán dichos enlaces a modo de pie de página.

1.2 Objetivos

Se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del presente trabajo.

1.2.1 Objetivo general

Realizar el diseño integral de un sistema clasificador y contador de truchas arcoíris de 15 a 20 centímetros a partir del diseño conceptual previo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Recolectar imágenes para formar una base de datos de truchas.
- Desarrollar el procesamiento de imágenes para la detección y conteo de truchas arcoíris.
- Orientar el desarrollo del proyecto hacia una máquina de bajo costo y con durabilidad.
- Simular

1.3 Alcance

Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam.

II Diseño mecatrónico integral

2.1 Desarrollo de diseño mecatrónico integral

En la sección llamada "*Desarrollo del diseño mecatrónico conceptual*"¹ se analizó el concepto de solución óptimo. En la Figura 2.1 se muestra la etapa final de unir las sub-soluciones para desarrollar una forma viable de implementarlos de una forma integral.

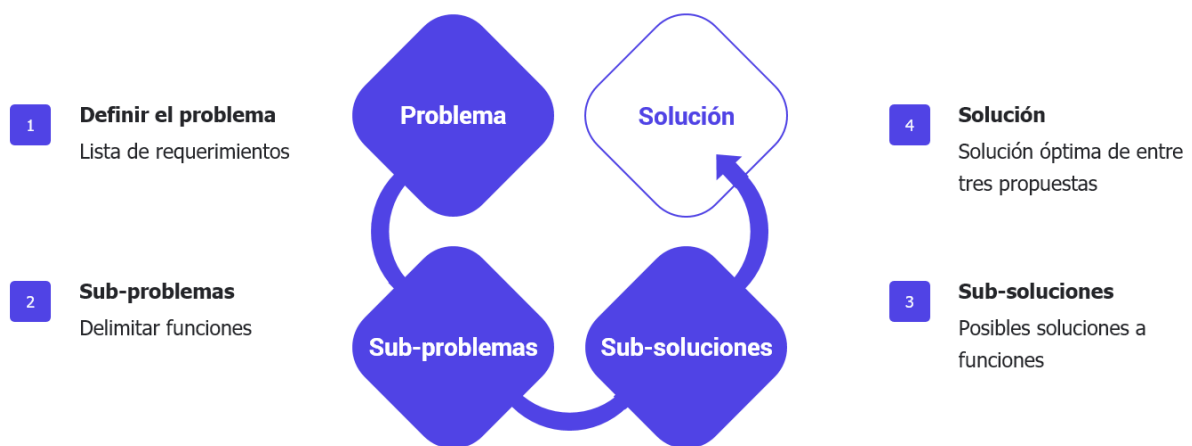


Fig. 2.1 – Estado de diseño mecatrónico: sub-soluciones

Fuente: Elaboración propia

Según el proceso de diseño indicado en la norma VDI 2221 que se muestra en la Figura 2.2 se parte del diseño conceptual propuesto (5) y se presenta el diseño integral (6)², también llamado diseño de ingeniería, que abarca diferentes puntos: dimensionamiento del sistema; cálculos; selección técnica de materiales entorno a su aplicación; selección técnica de

¹Díaz Vergara (2020)

²Pahl et al. (2007)

sensores; actuadores y dispositivos de control; lógica del control del sistema y su estrategia; planos mecánicos: ensamble y despiece; planos eléctricos y/o electrónicos; simulaciones de la máquina y una estimación de costos.

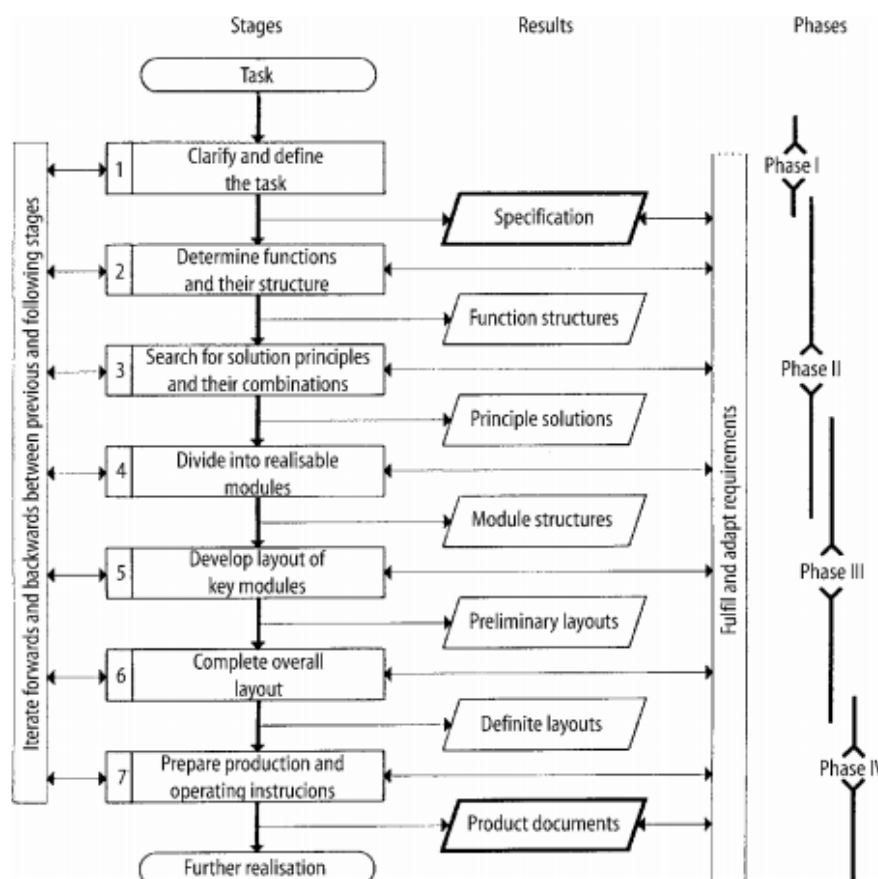


Fig. 2.2 – Fases de diseño según VDI 2221

Fuente: Pahl et al. (2007)

2.1.1 Descripción del sistema integral

La máquina clasificadora y contadora de truchas³, y su sistema respectivo tienen como función principal recepcionar truchas mediante una tolva, procesar la clasificación, conteo y distribución hacia tres jaulas flotantes en medio de la Laguna de Paucarcocha.⁴ La máquina se

³CCT

⁴Díaz Vergara (2020)

sitúa sobre el agua y es empleada por un operario, que se encarga de extraer truchas con una sacadera telescópica⁵.

[+ Descripción]

En las siguientes páginas se analizan diversos puntos generales concernientes al sistema: arquitectura de hardware, la selección de materiales de fabricación, la selección de materiales de fabricación.

Arquitectura de hardware

En la Figura 2.3 se muestra la propuesta de arquitectura de hardware. Esta arquitectura nos muestra las entradas de energía del sistema, su redistribución a cada componente, el control asociado a cada pieza mediante el subsistema de control y los protocolos o energía asociado a cada par de bloques. Además, el tipo de conexión se detalla en la leyenda.

⁵También llamada cal-cal.

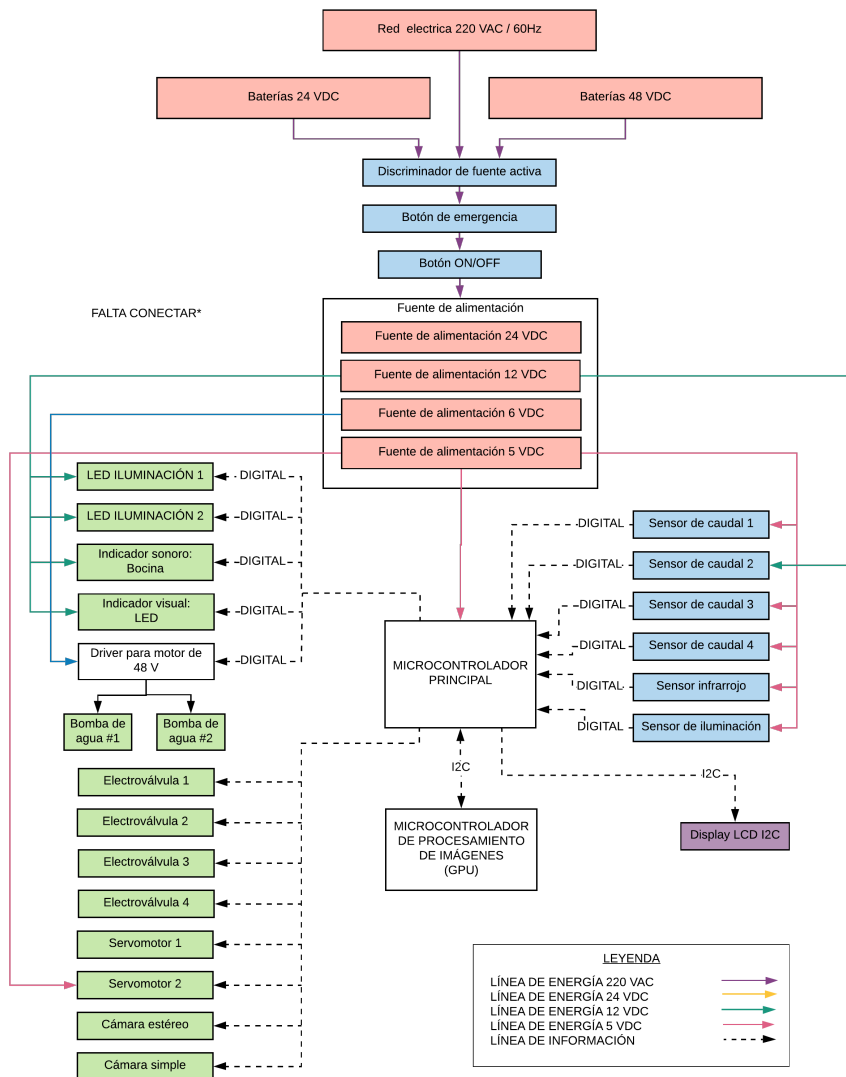


Fig. 2.3 – Arquitectura de hardware del sistema

Fuente: Elaboración propia.

Selección de materiales de fabricación

Cada subsistema posee mecanismos que se rigen por un material en general, esto incluye a las partes principales del subsistema. Sin embargo, no considera el material de tornillos, ajustes o dispositivos similares. Existen así mismos requisitos que se pueden generalizar para

todos los subsistemas por el entorno de trabajo a la que estará sometida la máquina detallados en la "Lista de requerimientos" ⁶. Basado en dichas demandas, cada subsistema es analizado y presentado con dos alternativas posibles de materiales. Consecuentemente, se elige un material decisivo para ser empleado bajo el sustento técnico que se explicará en los siguientes párrafos.

- **Subsistema de recepción y traslado de truchas:** Cuenta con dos mecanismos; recepción de truchas y tuberías de traslado. El primero debe recepcionar a las truchas y dirigirlas al mecanismo de tuberías. El segundo debe trasladar a las truchas de un punto a otro de la máquina mediante las tuberías. En la Tabla 2.1 se comparan técnicamente las propiedades de dos materiales posibles.

Tab. 2.1 – Tabla comparativa de propiedades entre *Aluminio* vs *AceroInoxidable*

Propiedad	Aluminio	Acero Inoxidable
Módulo de Young (<i>GPa</i>)	69	200
Esfuerzo de fatiga <i>Y</i> (<i>MPa</i>)	58-110	210-440
Resistencia a la tracción (<i>MPa</i>)	130-410	580-1180
Temperatura máxima mecánica (<i>°C</i>)	650	1450
Conductividad térmica (<i>W/m – K</i>)	170	16
Expansión térmica (<i>μm/m – K</i>)	24	17
Conductividad eléctrica (%)	43	2.4
Densidad (<i>g/cm³</i>)	2.7	7.8

*Terminología técnica de los materiales: Aluminio 6061, Acero Inoxidable ANSI 304.
Fuente: MakeItFrom (2020).

Se elige el material Aluminio 6061 por la alta durabilidad

- **Subsistema de procesamiento de imágenes:** Cuenta con dos mecanismos; tuberías y juego de espejos. El primero debe brindar a la cámara suficiente transparencia para obtener una fotografía adecuada. El segundo debe brindar a la cámara más perfiles del

⁶Díaz Vergara (2020).

cuerpo que es trasladado por la tubería. En la Tabla 2.2 se compara técnicamente las propiedades de dos materiales posibles.

Tab. 2.2 – Tabla comparativa de propiedades entre *PMMA* vs *PVDF*

Propiedad	PMMA	PVDF
Resistencia al impacto: con muescas (J/m)	74	180
Expansión térmica ($\mu m/m - K$)	76	120
Densidad (g/cm^3)	1.2	1.8
Resistencia al peso	32	20
Alargamiento a la rotura (%)	4	49
Incidencia de luz transmitida (%)	92	-
Índice de refracción	1.5	1.4

*Terminología técnica de los materiales: Polimetilmetacrilato (Acrílico)(PMMA), Fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Fuente: ?Berins (1991); Harper (2000); MakeItFrom (2020).

Se elige el material Aluminio 6061 por la alta durabilidad

- **Subsistema de procesamiento de suministro de energía:** Los materiales son propios de los dispositivos que serán adquiridos.
- **Subsistema de control e interacción con el usuario:** Los materiales son propios de los dispositivos que serán adquiridos.
- **Subsistema de flotación:** Cuenta con dos mecanismos; armadura y flotadores. El primero debe funcionar como esqueleto para los otros subsistemas y del mismo. El segundo debe mantener el sistema a flote.

Tab. 2.3 – Tabla comparativa de propiedades entre *HDPE* vs *PVC – U*

Propiedad	HDPE	PVC-U
Densidad (g/cm^3)	1.0-1.3	1.4
Elongación a rotura (%)	2.5-100	58
Resistencia al impacto (J/m)	50-260	360
Resistencia al peso: Flexión	19-32	20
Resistencia a la tracción (MPa)	24-80	47

*Terminología técnica de los materiales: Polietileno de alta densidad (HDPE), Cloruro de polivinilo no plastificado (rígido) (uPVC, PVC-U)

Fuente: Berins (1991); Harper (2000); MakeItFrom (2020).

Los materiales de fabricación finales se muestran en la Tabla 2.4 y fueron seleccionados por su superioridad en las propiedades que son valoradas en este proyecto. Las Tablas

Tab. 2.4 – Materiales de fabricación por subsistema

Subsistema	Mecanismo	Material
Recepción y traslado de truchas	Recepción de truchas	Acero Inoxidable
Recepción y traslado de truchas	Tuberías de traslado	PVC-U
Procesamiento de imágenes	Tubería	PMMA
Procesamiento de imágenes	Juego de espejos	PMMA
Suministro de energía	-	-
Control e interacción con el usuario	-	-
Flotación	Armadura	Aluminio o Acero Inoxidable
Flotación	Flotadores	HDPE

*Terminología técnica de los materiales: Cloruro de polivinilo no plastificado (Rígido) (uPVC, PVC-U), Polimetilmetacrilato ISO 24026-1:2020⁷ (Acrílico) (PMMA), Polietileno de alta densidad (HDPE), Acero Inoxidable 304, Aluminio 6061 (AL), Fluoruro de polivinilideno (PVDF).

Fuente: Elaboración propia.

2.1.2 Subsistema de recepción y traslado de truchas

Este subsistema consiste en encapsular los mecanismos físicos que están en el ciclo que sigue una trucha dentro de la máquina: tolva, tuberías, bomba de agua, distribución física por

⁷Estándar ISO detallado. Antecesor: 8257-1:1998. Estándar ASTM: D788-96

mecanismos, caudales apropiados y el control respectivo. Los puntos mencionados se detallan en las siguientes páginas.

Diseño de tolva de recepción de truchas

El diseño implica un análisis sobre las situaciones que suceden cuando se realiza el proceso de depositar las truchas. En la Figura 2.4 se analiza dicha situación con la finalidad de escoger un ángulo de elevación de la tolva (β) adecuado. Respecto a la tolva, se designan los siguientes valores iniciales: $A_{min}, B_{min} = 200mm.$; $\beta \in [0; 45]^\circ$; $tolva = 150mm.$. Además, debe cumplirse que $A_{max} > B_{max}$ orientado hacia el operario que depositará la trucha.

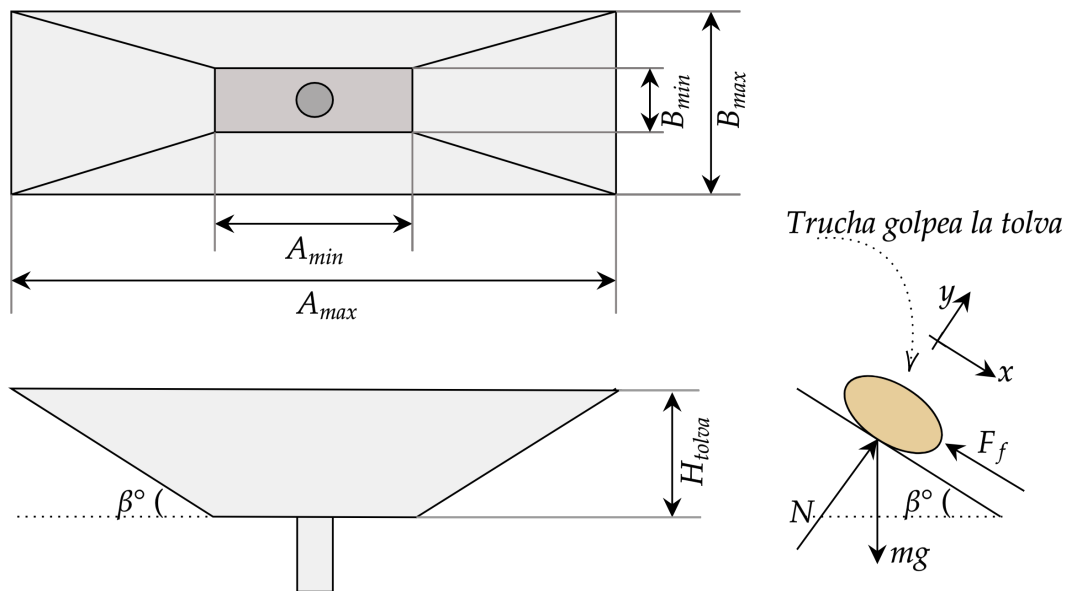


Fig. 2.4 – Cálculo de dimensiones y ángulo de la tolva

Fuente: Elaboración propia.

Parte de la Figura 2.4 muestra el diagrama de cuerpo libre del cual se extrae la fuerza de fricción (F_f) y la fuerza normal (N) que se muestran en la Ecuación 2.2. Las leyes de Newton se muestran en la Ecuación 2.1.

$$F_R = m * a$$

$$\sum_0^n F_{x,y,z} = 0 \quad (2.1)$$

$$F_f = \mu * N$$

$$\sum F_y = N - mg * \cos(\beta) = 0 \quad (2.2)$$

Luego, se reemplazan la Ecuación 2.2 en la Ecuación 2.1 y se obtiene la Ecuación 2.3. La variable a despejar es la aceleración en el eje x (\ddot{x}).

$$mg * \sin(\beta) - F_f = m * \ddot{x}$$

$$mg * \sin(\beta) - \mu_k * mg * \cos(\beta) = m * \ddot{x} \quad (2.3)$$

$$g * \sin(\beta) - g * \mu_k * \cos(\beta) = \ddot{x}$$

Para disminuir el impacto de la trucha sobre la tolva o sobre las tuberías interiores se debe disminuir la aceleración de la trucha al ser depositada en la tolva. La Figura 2.5 muestra la ecuación que relaciona la aceleración con el ángulo de elevación de la pared de la tolva. Consecuentemente, se escoge un ángulo ($\beta = 30^\circ$) para tener una aceleración aproximadamente nula ($\ddot{x} \approx 0$). Se considera $\mu_k = 0.57$ para el material escogido en la sección 2.1.1. Consecuentemente, se calculan los valores de $A_{max} \approx 900mm.$ y $B_{max} \approx 700mm.$, respectivamente.

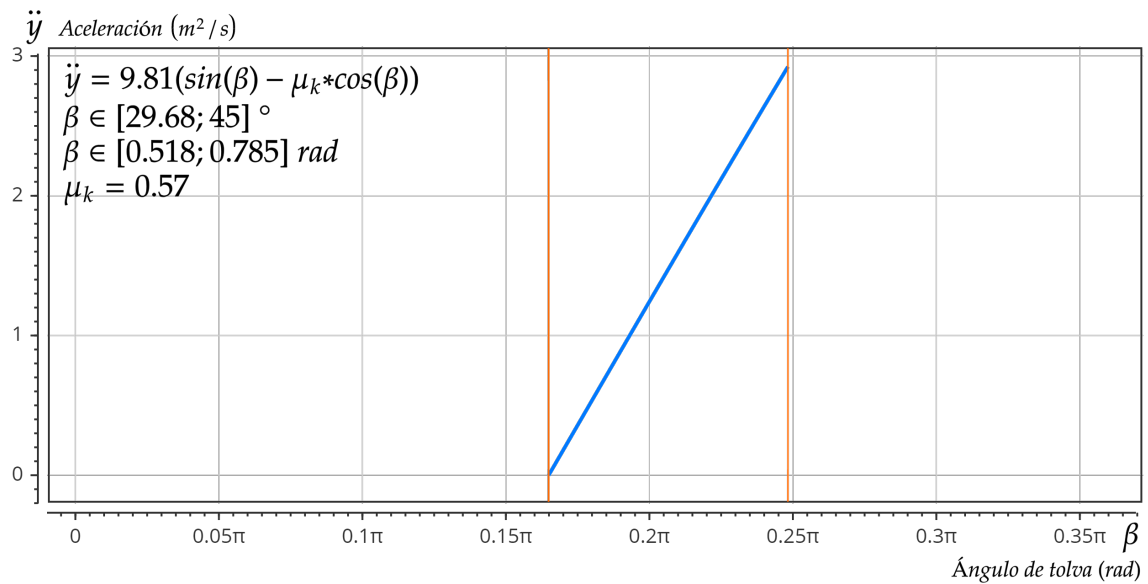


Fig. 2.5 – Ángulo de tolva vs aceleración en la trucha

Fuente: Elaboración propia.

Selección de reja accionada por motor

Esta compuerta puede ser reemplazada por una tapa para la tolva de recepción de truchas. En el presente trabajo se decide optar por eliminar este componente.

Diseño de subsistema de tuberías

Las tuberías del sistema tienen como propósito abastecer de un caudal a la máquina.

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

- **Diseño de tuberías**

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam pu-

rus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed.

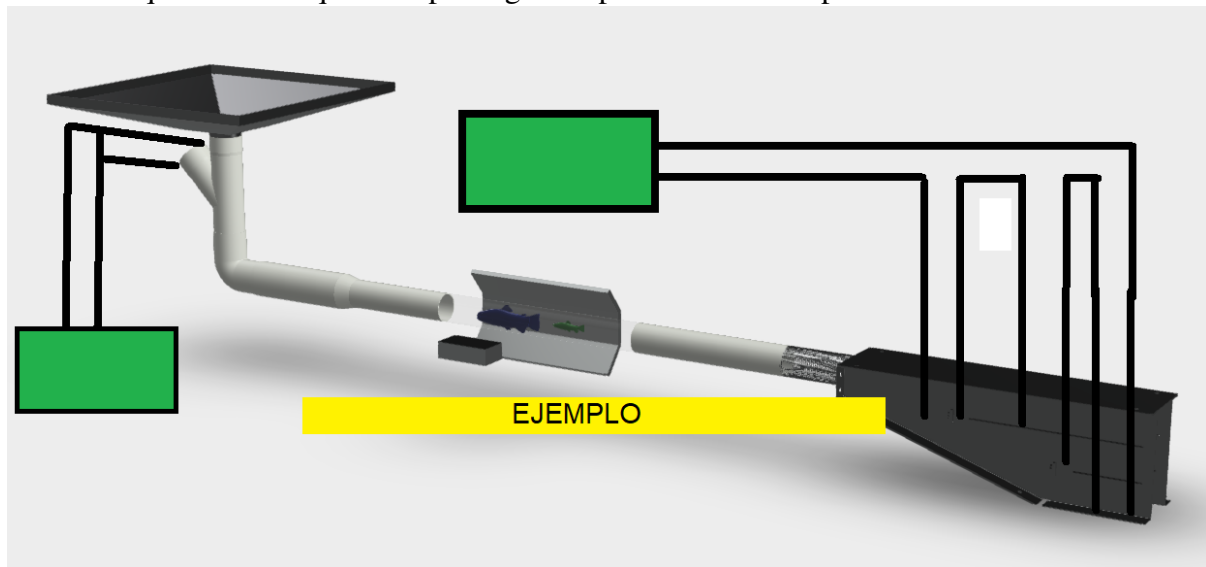


Fig. 2.6 – Diseño de tuberías para el concepto óptimo

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de filtro único incluido

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed.

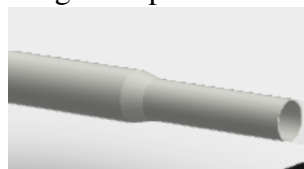


Fig. 2.7 – Filtro único

Fuente: Elaboración propia.

- **Selección de caudales apropiados**

En la Sección 2.1.5 se calculó la velocidad máxima, aproximada, de nado de las truchas arcoíris: $16(cm/s)$. La Ecuación 2.4 toma el valor de $v_{max} = 16(cm/s)$ y el

$$\begin{aligned}Q_{max} &= v_{max} * A \\Q_{max} &= 16 * \frac{\pi}{4} * (r_{int})^2 \\Q_{max} &= 16 * \frac{\pi}{4} * (9.1)^2 \\Q_{max} &= 1040.62\end{aligned}\tag{2.4}$$


Donde: $Q_{max}(cm^3/s)$ es el caudal máximo, $v_{max}(cm/s)$ es la velocidad máxima del agua, $r_{int}(cm)$.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

- **Selección de las electroválvulas**

Los valores límites que se tendrían que controlar mediante las electroválvulas pertenecen al rango $[0; 12345](m^3/s)$. En la Tabla 2.5 se muestran algunas marcas que cumplen con estos requerimientos.

Tab. 2.5 – Tabla comparativa de electroválvulas

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	8	9	10	11
A	12	13	14	15
B	16	17	18	19
C	20	21	22	23
D	24	25	26	27
E	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] Las características técnicas que se muestran en la Tabla XXX muestran que [BORRADOR]

[BORRADOR] El actuador modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

- **Control de los caudales de agua**

Los caudales que generan las bombas de agua sirven para impulsar a las truchas por el interior de la máquina.

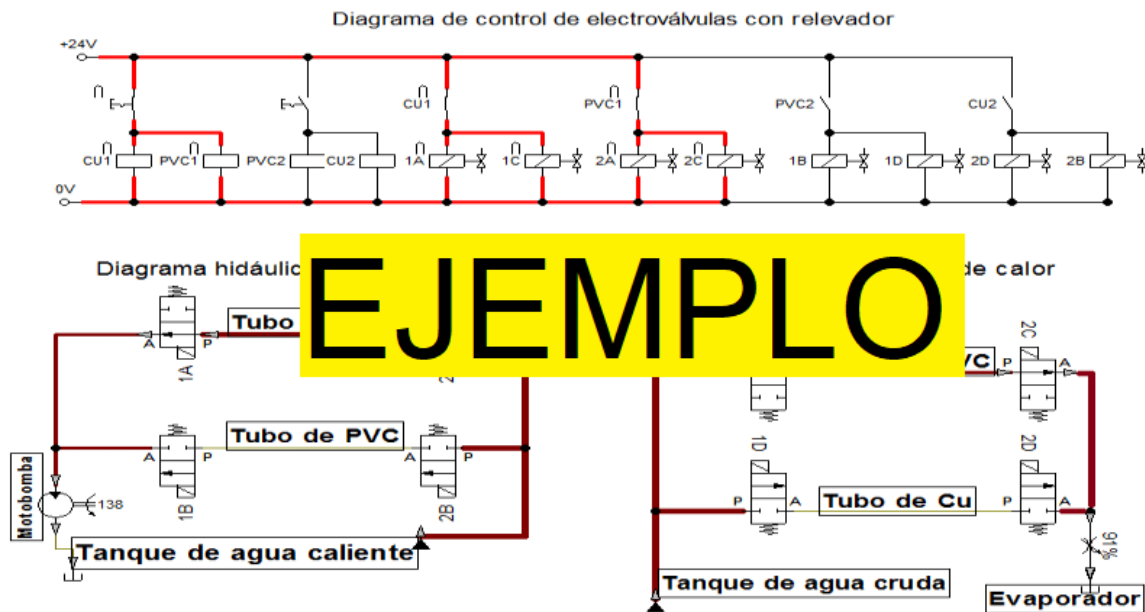


Fig. 2.8 – Diagrama de control de electroválvulas

Fuente: Elaboración propia.

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo dui ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

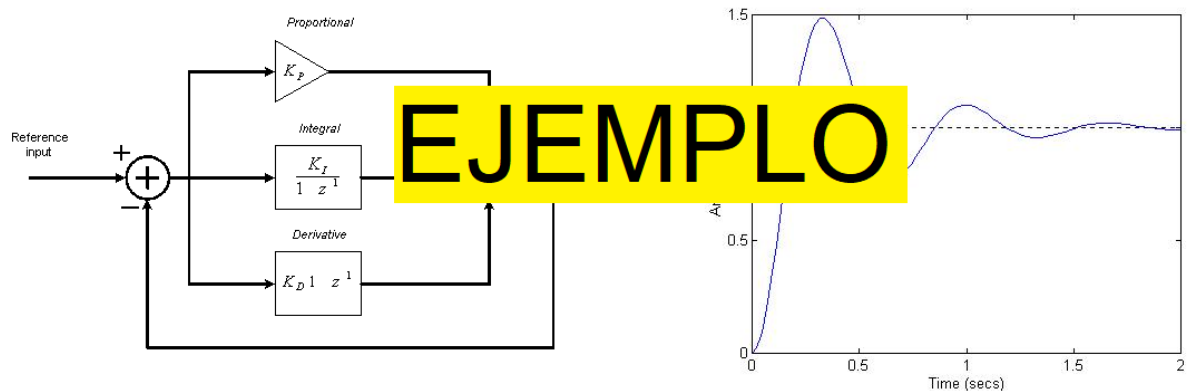


Fig. 2.9 – Control PID de una electroválvula

Fuente: Elaboración propia.




Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo dui ut diam. Dolor sit amet con-

sectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Selección de bomba de agua sumergible

En la subsección anterior "*Diseño de subsistema de tuberías*" se calcularon los caudales apropiados para el sistema. La bomba de agua sumergible se selecciona de acuerdo a características técnicas como potencia, consumo de energía, horas de uso continuo, entre otras que se exponen en la Tabla 2.6.

Tab. 2.6 – Tabla comparativa de bombas de agua sumergibles.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	8	9	10	11
A	12	13	14	15
B	16	17	18	19
C	20	21	22	23
D	24	25	26	27
E	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] El actuador lineal modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

Diseño de subsistema de distribución de truchas

Luego del proceso de procesamiento de imágenes el sistema mediante el algoritmo de clasificación dirige a la trucha en tránsito a la salida correspondiente en el mecanismo de distribución de truchas. Dicho mecanismo recibe a la trucha y debe redirigir mediante un juego de

compuertas a tres salidas que a su vez se impulsan mediante un caudal a sus respectivas jaulas flotantes.

- **Cálculo de fuerza y velocidad de compuertas** La fuerza necesaria es simplemente el giro de la compuerta que está unida a un eje y a su vez al mecanismo de engranajes con el servomotor.

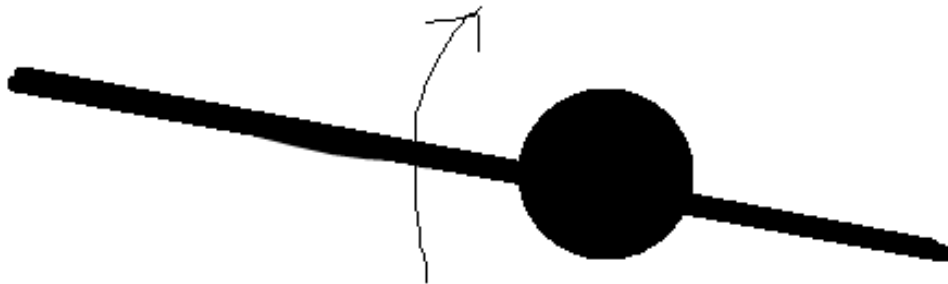


Fig. 2.10 – Compuerta

Fuente: Elaboración propia.

La velocidad de compuertas debe ir acorde a la distancia entre una trucha y la siguiente a esta.

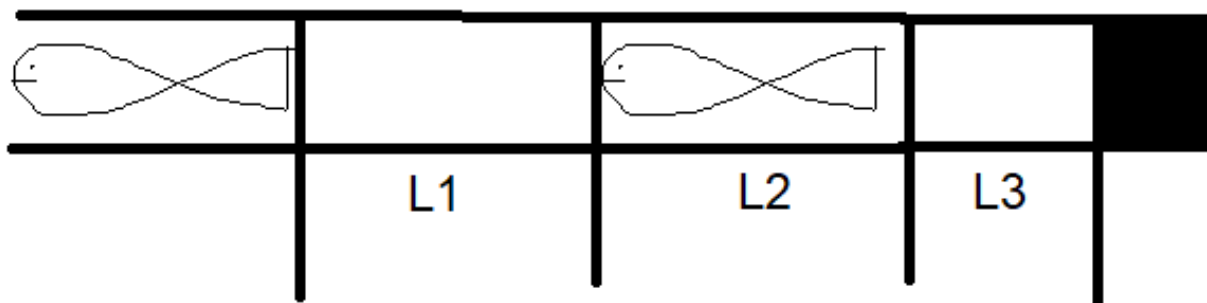


Fig. 2.11 – Velocidad de compuerta

Fuente: Elaboración propia.

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

$$L_1 + L_2 + L_3 = t * v \quad (2.5)$$

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

- **Selección de servomotores**


Calcular:

- Torque necesario
- Condiciones de uso (estará en agua)
- Tiempo de uso

La selección de los servomotores depende del propósito en la función que se encuentre.....

Este servomotor acciona la compuerta presentada en la Figura 2.10. El torque necesario del eje es $T_{max} = X(M * mm)$ y gracias al mecanismo de engranajes puede reducirse a $T_{max_2} = Y(M * mm)$ En la Tabla 2.7 se muestra una comparación técnica entre tres servomotores que cumplen los requerimientos técnicos y conceptuales.

Tab. 2.7 – Tabla comparativa de servomotores.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	8	9	10	11
A	12	13	14	15
B	16	17	18	19
C	20	21	22	23
D	24	25	26	27
E	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

- **Diseño de mecanismo servomotor-compuerta**

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

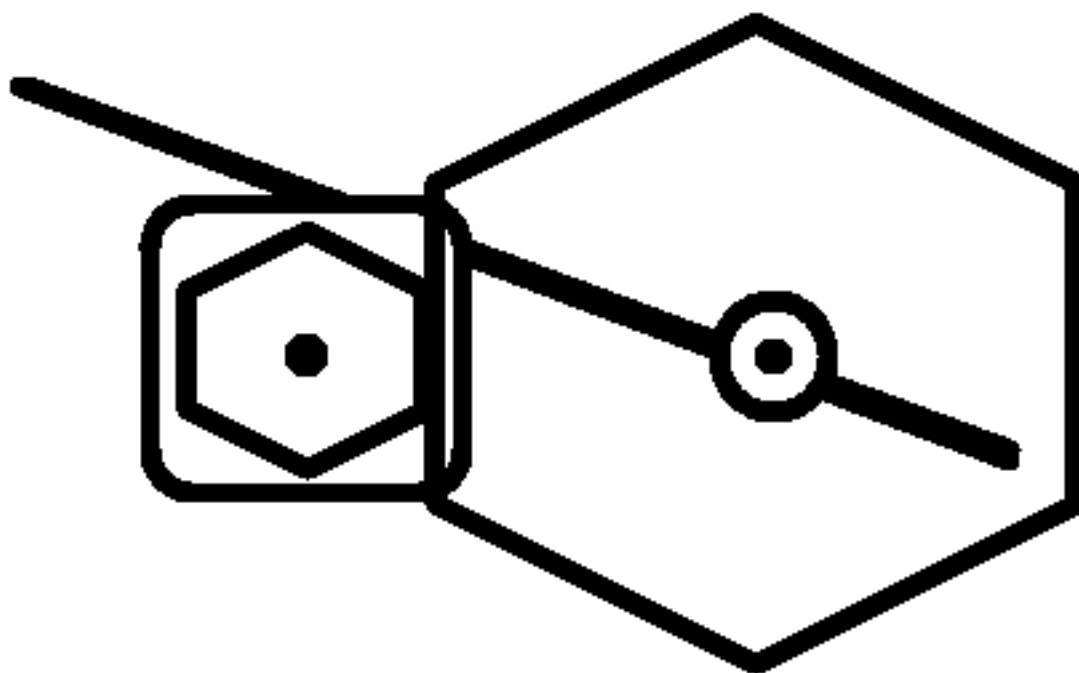


Fig. 2.12 – Mecanismo servomotor-compuerta

Fuente: Elaboración propia.

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

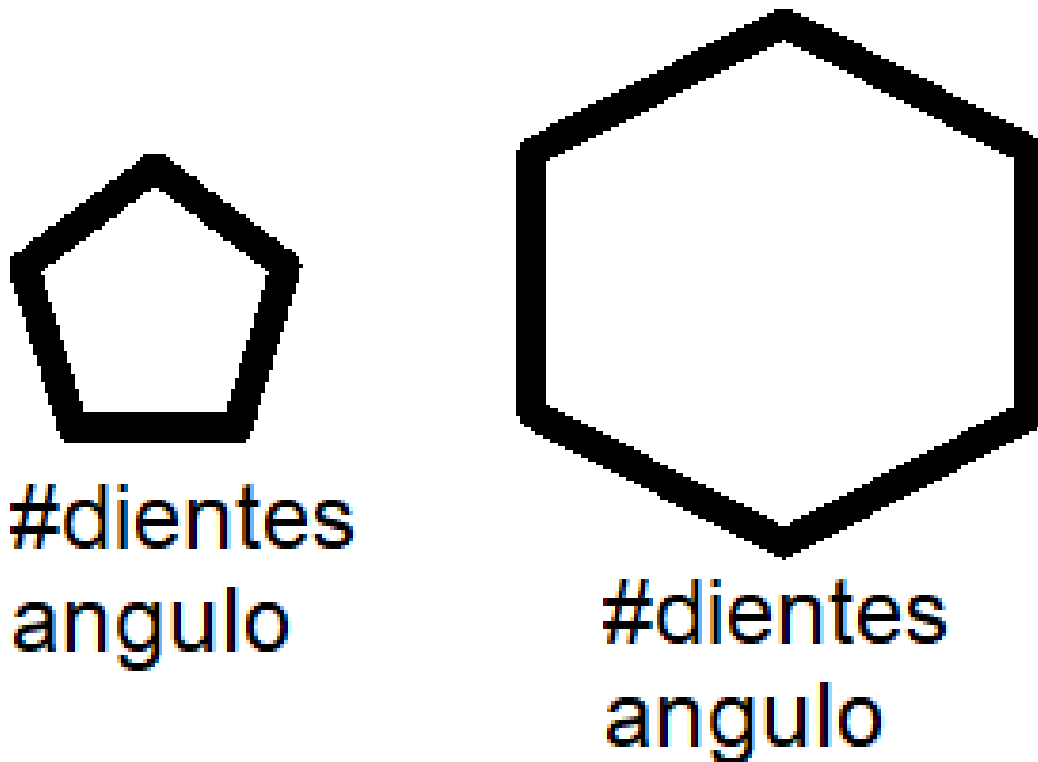


Fig. 2.13 – Engranajes del mecanismo de compuertas

Fuente: Elaboración propia.

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

- **Diseño de juego de compuertas programables**

Descripción.

2.1.3 Subsistema de procesamiento de imágenes

Este subsistema consiste obtener una serie de imágenes de una trucha en tránsito e indicar al sistema a dónde debería dirigirse una trucha determinada. El subsistema debe clasificar y contar truchas, con dicha finalidad necesita de la selección de una cámara y generar el ambiente adecuado para obtener las imágenes. Explicado los objetivos del subsistema, en las siguientes

líneas se detalla: la selección del sensor infrarrojo, la selección de cámara estéreo, la selección de iluminación adecuada y la selección de algoritmos.

Selección del sensor infrarrojo

El sensor infrarrojo tiene como objetivo activar el algoritmo de detección y conteo de truchas por un determinado periodo de tiempo con la finalidad de evitar un sobre uso de los recursos computacionales. El sensor infrarrojo está unos centímetros antes de la parte que la cámara captura y su posición es como se muestra en las Figura 2.14.

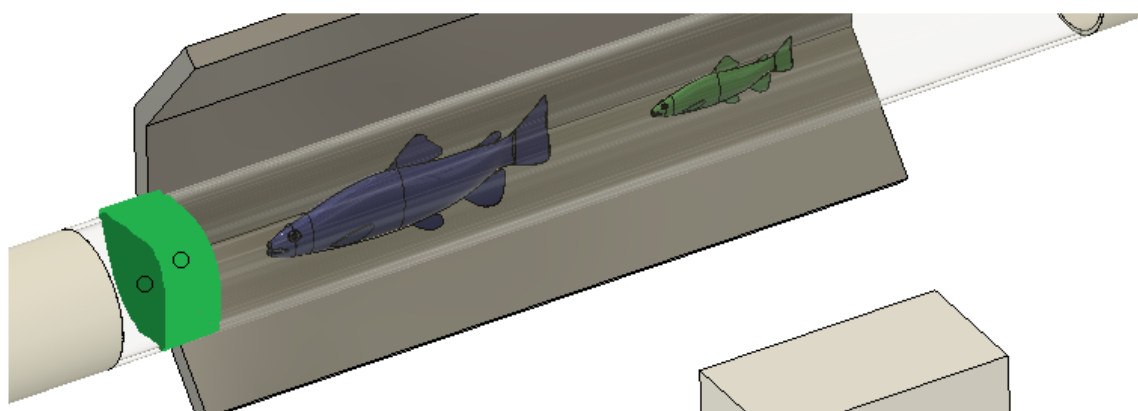


Fig. 2.14 – Posicionamiento del sensor infrarrojo

Fuente: Elaboración propia.

Ya que los haces de luz cambian de dirección debido a la refracción⁸, cuando varía de un medio a otro, se calcula esta desviación para la adecuada detección de objetos que pasen por la tubería. La representación gráfica de la situación se expone en la Figura 2.15.

⁸Hecht (2017).

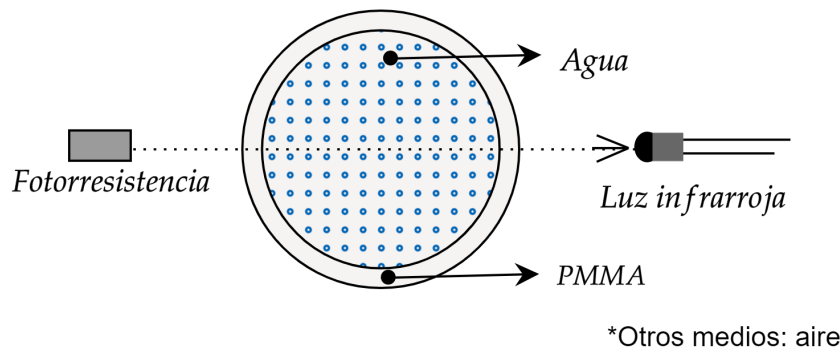


Fig. 2.15 – Análisis de posición de luz infrarroja

Fuente: Elaboración propia.

El problema se muestra en la Figura 2.16. Cabe mencionar que se conocen los siguientes valores $n_{PMMA} = 1.5^9$, $n_{aire} \approx 1$, $n_{agua} = 1.33^{10}$, $d_1 = d_2 = 10mm.$, $e = 3mm.$ y $d_{int} = 85mm.$,y se asume, para simplificar el problema, la emisión de la luz como proveniente de un punto único (S).

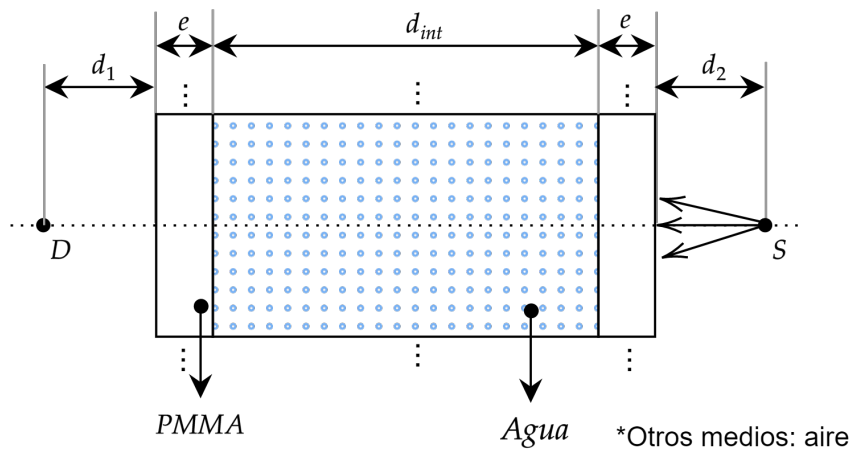


Fig. 2.16 – Cálculo de posición de luz infrarroja

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de desviación de los haces de luz se emplea la ley de refracción, matemáticamente mostrada en la Ecuación 2.6. Donde: θ_i es el ángulo de incidencia respecto a la normal

⁹Propiedades ópticas mostradas en la Tabla 2.2. Berins (1991)

¹⁰Índices de refracción: Hecht (2017).

del primer medio, θ_t es el ángulo de refracción respecto a la normal.

$$n_i * \sin(\theta_i) = n_t * \sin(\theta_t) \quad (2.6)$$

En la Figura 2.17 se analiza el caso crítico cuando $\theta_1 \approx 5^\circ$. Con la Ecuación 2.6 se puede calcular las distancias de desviación por refracción. Por ejemplo, En la Ecuación 2.7 el valor de h_x es la distancia proyectada: $h_x = d_x * \tan(\theta_x)$.

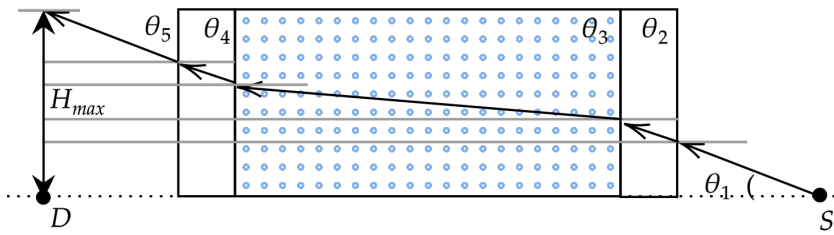


Fig. 2.17 – Cálculo de distancia máxima de desviación de haz de luz en condiciones ideales.

Fuente: Elaboración propia.

$$H_{max} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

$$H_{max} = 10 * \tan(\theta_1) + 3 * \tan(\theta_2) + 85 * \tan(\theta_3) + 3 * \tan(\theta_4) + 10 * \tan(\theta_5) \quad (2.7)$$


$$H_{max} = 10 * \tan(5^\circ) + 3 * \tan(3.33^\circ) + 85 * \tan(3.76^\circ) + 3 * \tan(3.33^\circ) + 10 * \tan(5^\circ)$$

$$H_{max} = 7.685mm.$$

Para una óptima recepción se propone llegar como mínimo 75% de haces de luz. Esto quiere decir que del diámetro ideal del dispositivo receptor debe ser de 15.4 mm y el óptimo 13.33 mm.¹¹ Finalmente, los requerimientos mínimos que debe tener el sensor infrarrojo óptico y comparaciones técnicas de los dispositivos comerciales que cumplen con los requerimientos se muestran en la Tabla 2.8.

¹¹ $d_{ideal-receptor} = 2 * H_{max} = 15.4mm.$ y $d_{75\%-receptor} = \sqrt{0.75 * 15.4^2} = 13.33mm.$

Tab. 2.8 – Tabla comparativa de sensores infrarrojos.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	8	9	10	11
Área circular de receptor (mm^2)	12	13	14	15
Longitud de onda infrarroja (Nm)	16	17	18	19
Voltaje de entrada (V)	20	21	22	23
Temperatura operativa ($^{\circ}C$)	32	33	34	35
Precio (S/)	24	25	26	27

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia. *USD a PEN: S/ 3.43.

Selección de cámaras

Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin.

- **Cámara estéreo**

El objetivo de la cámara estéreo es la de obtener fotos por determinado periodo de tiempo designado por los algoritmos de procesamiento de imágenes. Con el fin de cumplir el objetivo mencionado deben cumplirse requerimientos: fotografiar a la trucha con un enfoque aceptable que permita distinguir a la trucha adecuadamente.

Cómo mide la cámara estéreo

El error realizado en pruebas con vehículos autónomos brindado en Zaarane et al. (2020) se muestra en la Figura 2.18

Table 1
The measured distance in various base length.

Base Vehicles	Measured distance (m)								Real distance (m)
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
1	7,90	7,94	8,27	8,22	8,16	8,10	8,08	8,13	8,10
2	9,32	9,30	9,27	9,10	9,22	9,18	9,18	9,21	9,15
3	18,20	18,41	18,37	18,40	18,32	18,32	18,29	18,27	18,34
4	12,30	12,28	12,34	12,33	12,35	12,39	12,38	12,37	12,38
5	5,15	5,11	5,32	5,28	5,14	5,22	5,23	5,23	5,20
6	22,96	22,56	22,66	22,81	22,78	22,73	22,73	22,66	22,70
7	13,89	13,93	14,09	14,06	13,96	13,98	14,03	14,04	14
8	15,21	15,20	15,26	15,24	15,33	15,28	15,31	15,30	15,30
9	17,16	16,96	17,11	17,11	16,99	17,06	17,03	17,02	17,05

Fig. 2.18 – Pruebas de medición con distintas distancias al objeto.

Fuente: Zaarane et al. (2020)

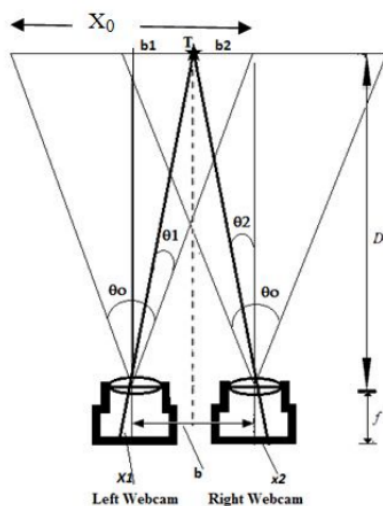


Fig. (1):Schematic diagram of an object pictured by two horizontally aligned cameras separated by small distance.

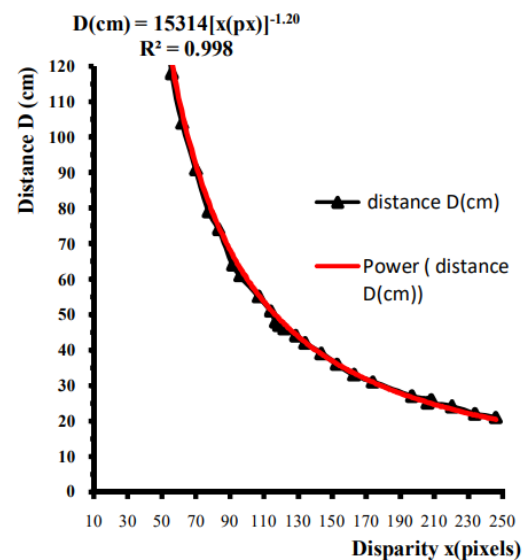


Fig.(2):Dependence of object distance on disparity

Fig. 2.19 – (Izq.) Diagrama esquemático de un objeto representado por dos cámaras alineadas horizontalmente separadas por una pequeña distancia. (Der.) Dependencia de la distancia del objeto en la disparidad.

Fuente: Mahammed et al. (2013)

Tener en cuenta:




- Tamaño de píxeles requerido
- Cantidad de frames (80 fps con 3-4L/s) (Falta calcular con lo que hemos calculado 16

cm/s)

- La inclinación hace que el pez no tenga velocidad hacia arriba
- Cámara estereo o simple??
- Necesita GPU?

En la Tabla 2.9 se muestra tanto los requerimientos mínimos como las cámaras estéreo candidatas para el sistema.

Tab. 2.9 – Tabla comparativa de cámaras estéreo.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	8	9	10	11
A	12	13	14	15
B	16	17	18	19
C	20	21	22	23
D	24	25	26	27
E	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin.

- **Cámara simple**

Selección de iluminación adecuada

Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend

quam adipiscing vitae proin.

Selección de led de alta potencia

El propósito de los leds de alta potencia es iluminar la zona en la que se realiza la captura de imágenes para detectar truchas y procesarlas. El uso de una led adecuado puede mejorar el rendimiento de la cámara. En la Figura 2.20 se muestra las opciones de iluminación que se consideraron, resultando el uso de dos tiras de leds adecuadas para el sistema.

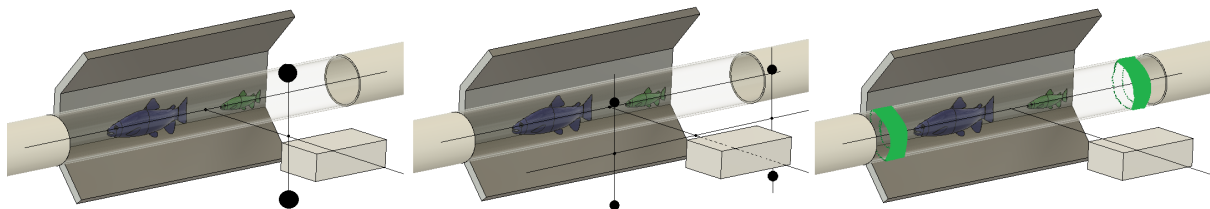


Fig. 2.20 – (Izq.) Iluminación con dos leds frente al sistema. (Cen.) Iluminación con cuatro leds frente al sistema. (Der.) Iluminación con dos tiras leds.

Fuente: Elaboración propia.

La selección de una iluminación adecuada es tan importante como la selección de los otros componentes del subsistema: la ausencia de una iluminación adecuada puede degradar el rendimiento de los algoritmos, así como los de obtención de fotografías en la cámara estéreo debido al tiempo de exposición necesario por fotografía.

$$Iluminacin_{necesaria} = 1000 \quad (2.8)$$

En la Tabla XX se muestra una tabla técnica comparativa.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

Fig. 2.21 – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

Selección de algoritmos

Los algoritmos tienen como objetivo contar y clasificar truchas. Dichos algoritmos son evaluados en la Tabla XXX mediante una comparación técnica en cuanto a diversos puntos: tiempo de respuesta, costo de hardware requerido, consumo eléctrico del hardware,

- NN: YOLO, YOLOv2, YOLOv3, YOLOv4, YOLOv5
- NN: CNN - Fish segmentation
- Segmentación por características

Referencia a todas las versiones de YOLO. YOLO J. S. D. R. G. A. F. Redmon (2016), YOLO v2.0 J. Redmon & Farhadi (2017), YOLO v3.0 J. Redmon & Farhadi (2018), YOLO

v4.0 Solawetz (2020), YOLO v5.0 Bochkovskiy et al. (2020).

- **Selección de algoritmo contador de truchas**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

Fig. 2.22 – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

- **Selección de algoritmo clasificador de truchas**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Categoría	Pardox Insight	Visonic G 10	Securitas Essence	Rsi Videofied	Risco Agility 3
Audio	SI	SI	NO	NO	NO
Imagen (alarma)	640X360 HD 1280X 720	JPEG/QVGA 320X240	JPEG GA/QVGA 640X480	QVGA 20X240 VGA 640X480	JPEG QVGA 320X240VGA 640X480
Demanda deVideo	VISUALIZACION ILIMITADA	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG	VIDEO JPEG INSTANTANEA	VIDEO JPEG
Visión Nocturna	INFRARROJOS	INFRARROJOS	LED VISIBLE	LED VISIBLE	LED FLASH
Alcance de la cámara	12 METROS	12 METROS	12 METROS	12 METROS	10 METROS
Angulo de Visión	100°	90°	67°	110°	85°
Velocidad	10FPS	2 FPS	5 FPS O 15 FPS CALIDAD LIMITADA	5 FPS	3 -7 CONFIGURABLE
Sensor	QUAD	DUAL	DUAL	DUAL	DUAL

Fig. 2.23 – Ejemplo de tabla

Fuente: Elaboración propia.

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

2.1.4 Subsistema de suministro de energía

El sistema debe suministrar energía a los diversos mecanismos electrónicos, sistemas de control y actuadores necesarios para que la máquina funcione de manera apropiada. Este subsistema debe cumplir diversos requerimientos: estar herméticamente aislado a la entrada de

agua,

En los siguientes párrafos se analizarán a detalle: la selección de la batería, la selección de la fuente de alimentación, la selección de transformadores, la selección de fuentes switching, el diagrama esquemático y el diagrama eléctrico.

Selección de la batería

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. las elementum sagittis vitae et.

Selección de fuente de alimentación

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

Selección de transformadores rectificadores

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc

aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

Selección de fuentes switching

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

Diagrama esquemático

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Diagrama eléctrico

Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

2.1.5 Subsistema de control e interacción con el usuario

Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. . Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

Selección de microcontrolador

- Necesitamos: 80 fps
- Tamaño máximo: 15 cm
- Tamaño mínimo: 20 cm
- Velocidad estándar: 2 - 3 L/s (Longitud/segundos)
- Velocidad máxima: 3 - 4 L/s (Longitud/segundos)
- Debe poder:
 - procesar imágenes de forma rápida.
 -

En caso de usar NN

- 2 x Jetson Nano + Gumstix Jetson Nano Snapshot Board
- 1 x ESP32

En caso de no usar NN

- ESP32 o Raspberry Pi 4B
- 1 x Jetson Nano

En la Sección ?? se analiza los posibles algoritmos que pueden ser aplicados para la detección de truchas mediante visión por computadora.

Otros:

- Intel NSC2

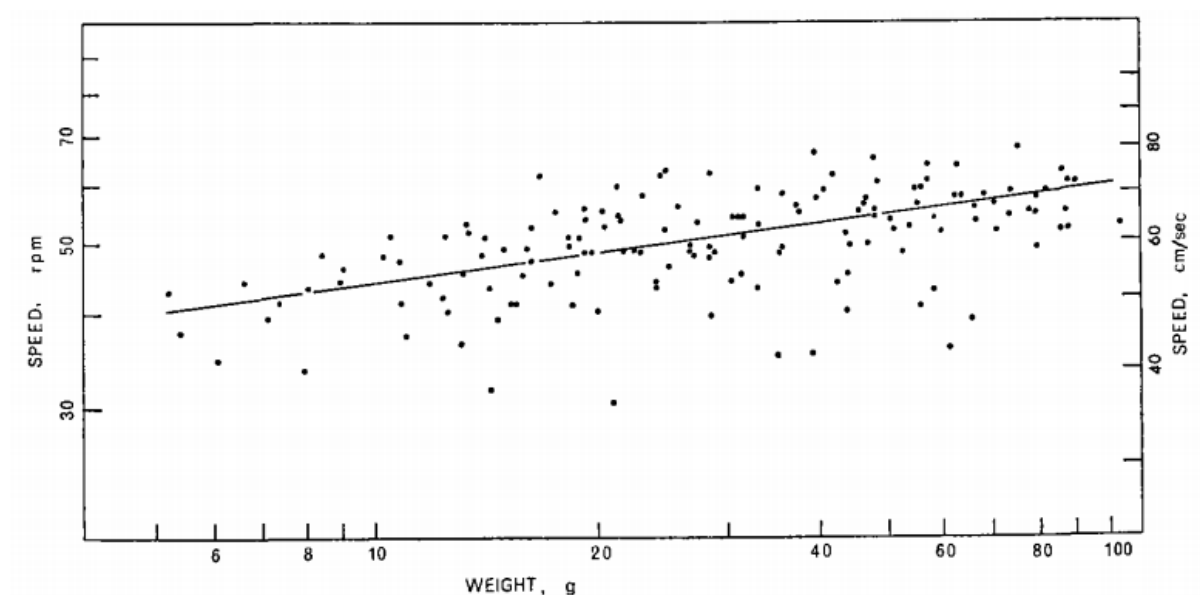


Fig. 2.24 – Aproximación lineal de la relación entre peso y la velocidad de nado de truchas arcoíris

Fuente: Fry & Cox (1970)

En la Ecuación 2.9 se muestra la relación entre *X*: *peso de la trucha (g)* e *Y*: *velocidad de nado (cm/s)* con un error $Z = \pm 0.033$.

$$Y = -3.965 + 2.908(Z)X \quad (2.9)$$

En el caso de este trabajo, la dimensión máxima y mínima de las truchas arcoíris son de 20 cm y 15 cm, respectivamente. De la Tabla ?? podemos obtener los gramos mediante interpolación lineal para cada límite: valores mínimo-máximo son 153 y 199 g, respectivamente. Utilizando los valores antes indicados y empleando la Ecuación 2.9 obtenemos los valores límites dentro del rango $[10.71; 15.13](cm/s)$. Luego de escoger la máxima velocidad con redondeo hacia arriba (16 cm/s), ...

Selección de indicadores

Los indicadores ya sean visuales o sonoros son parte fundamental de una máquina. En el caso de la CCT¹² el sistema debe indicar al operario diversos estados o funciones: al detectar una trucha, al contar una trucha, al encender y al apagar.

- **Indicador visual:** Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum.
- **Indicador sonoro:** Una bocina indica al operario . En la Tabla 2.10 se compara características técnicas entre algunas bocinas candidatas para el sistema.

Tab. 2.10 – Tabla comparativa de bocinas

	Requisitos mínimos	SE-B40	KH	TS-G1010F
Figura	-			
Fabricante	-			
Dimensión (cm.)	-			
Frecuencia de trabajo (Hz)	-			
Voltaje de alimentación (V)	-	12 VDC	12 VDC	12 VDC
RMS (W)	-	80	25	30
Precio (S/)	-	105	105	79
Disponibilidad	Inmediata	A pedido	A pedido	A pedido

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

¹²Máquina Contadora y Clasificadora de Truchas.

[BORRADOR] El actuador lineal modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

Selección de interruptor de seguridad de apagado de emergencia

La implementación de un interruptor de seguridad es muy importante en el diseño de máquinas ya que es el mecanismo físico por el cual podemos parar la máquina quitando el suministro eléctrico a todos los componentes. En la Tabla 2.11 se compara características técnicas entre interruptor de seguridad candidatos para el sistema.

Tab. 2.11 – Tabla comparativa de interruptor de seguridad de apagado de emergencia.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	-	9	10	11
Nivel de protección	12	13	14	15
Máximo voltaje admisible (V)	16	17	18	19
Diámetro del botón (mm.)	20	21	22	23
Precio (S/)	24	25	26	27
Disponibilidad	32	33	34	35




Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] El actuador lineal modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

Selección de interruptor de interruptor tipo hongo

El encendido o apagado de la máquina es realizado por este interruptor, es decir, el control del suministro de energía del sistema depende de dicho dispositivo. En la Tabla 2.12 se compara características técnicas entre interruptores tipo hongo candidatos para el sistema.

Tab. 2.12 – Tabla comparativa de interruptor de interruptor tipo hongo.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	-	9	10	11
Nivel de protección	12	13	14	15
Máximo voltaje admisible (V)	16	17	18	19
Diámetro del botón (mm.)	20	21	22	23
Precio (S/)	24	25	26	27
Disponibilidad	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] El actuador lineal modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

Cálculo del consumo de energía del sistema

El cálculo del consumo de energía del sistema es la suma de potencia requerida por cada componente. Dicha información se presenta en la Tabla 2.25, además se muestra el modelo, la potencia máxima, voltaje de cada componente. Se considera, también, la cantidad de cada modelo de componente electrónico usado en el sistema.

	Modelo(Data sheet)	I máx (mA)	V (Volts)	P Unitaria (mW)	Cant. (unid.)	Ptot (W)
Sensor ultrasonido	HC-SR04	15	5	75	1	0,1
Sensor capacitivo	LJC24A3-10-Z/BY	300	5	1500	1	1,5
Actuador lineal eléctrico	LV-1	2700	12	32400	1	32,4
Servomotor	SG90	500	5	2500	1	2,5
Encoder	FC-03	20	5	100	2	0,2
Sensor infrarrojo	FC-51	43	5	215	1	0,2
Sensor capacitivo	LJC24A3-10-Z/BY	300	5	1500	1	1,5
Motor 6 VDC	MOT-DC-6WH	150	5	750	4	3,0
Motor 12 VDC	MDC-N20-100	300	12	3600	3	10,8
EJEMPLO						
Relé para Actuador eléctrico		1000	12	12000	1	12,0
Actuador lineal eléctrico	LV-1	2700	12	32400	1	32,4
Servomotor	SG90	500	5	2500	2	5,0
Motor PAP		1680	2,8	4704	2	9,4
Driver de Motor PAP	DRV-A4988	2000	5	10000	2	20,0
Driver Motor DC	DRV-L298N	3000	5	15000	4	60,0
Teclado Matricial	KEYP44	5	24	120	4	0,5
Controlador	Arduino MEGA 2560 R3	500	5	2500	1	2,5
Pantalla LCD	1602A-1	1,1	24	26,4	1	0,0
Botón	HBGQ12SF-10WE/J/S	50	12	600	4	2,4
LED's	MQ06F	20	24	480	3	1,4
Bocina	KL-166	-	-	-	1	0,0
Lector Micro SD	WTV020-SD Module	5	3	15	1	0,0
Convertidor Step Up	CVOLT-UP-6A	2000	12	-	2	0,0
Convertidor Step Down	MP1584EN	3000	12	-	2	0,0
Fuente Switching	PWR-FC-12V-20A	20000	12	-	1	0,0
Total						200,4

Fig. 2.25 – Potencia requerida por componente

Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de flujo

El diagrama de flujo principal, expuesto en la Figura 2.26 describe los pasos necesarios para el control del sistema. ... [Explicar diagrama de flujo]

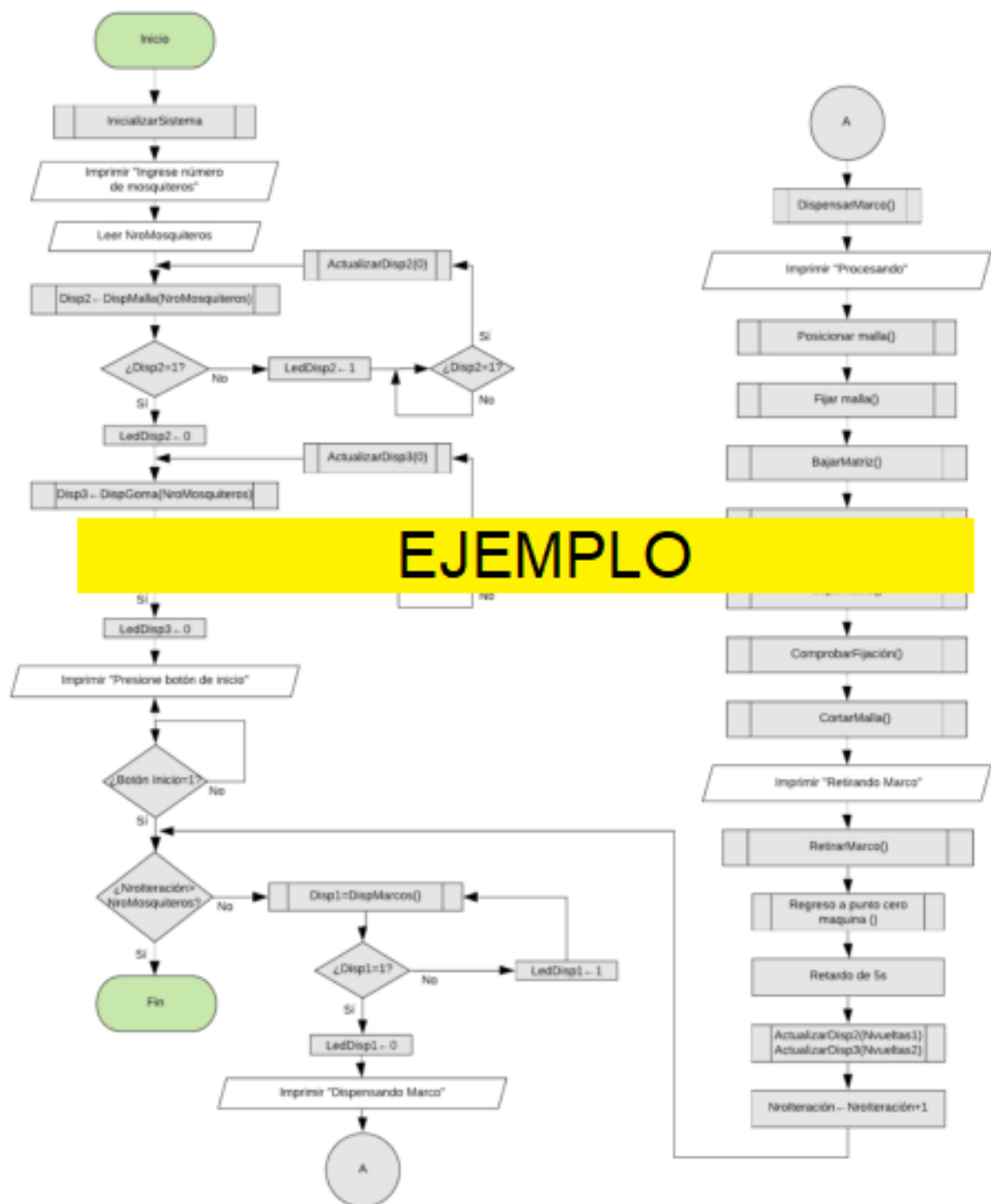


Fig. 2.26 – Diagrama de flujo principal

Fuente: Elaboración propia.

Diseño frontend de la aplicación móvil

La aplicación móvil permitirá a un operario visualizar los estados de la máquina, así como tener un registro de la clasificación y conteo de truchas, es decir, extraer los datos luego de ser procesados por la máquina CCT de manera inalámbrica al terminar el proceso. Además, posterior a este trabajo, podría agregarse más características al aplicativo móvil. El framework de desarrollo del aplicativo, que no se desarrollará en el presente trabajo, escogido es Flutter por su paradigma multiplataforma, es decir, escribir un programa que se vea igual en los sistemas operativos Android y iOS Simone (2020). El diseño frontend escogido para el proyecto y su desarrollo sencillo

Designing the obvious Joekman (2010)

Google Flutter Mobile Development Quick Start Guide Prajyot Mainkar (2019)

Mobile Learning Design: Theories and Application Churchill et al. (2016)

Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Mobile Applications Neil (2012)

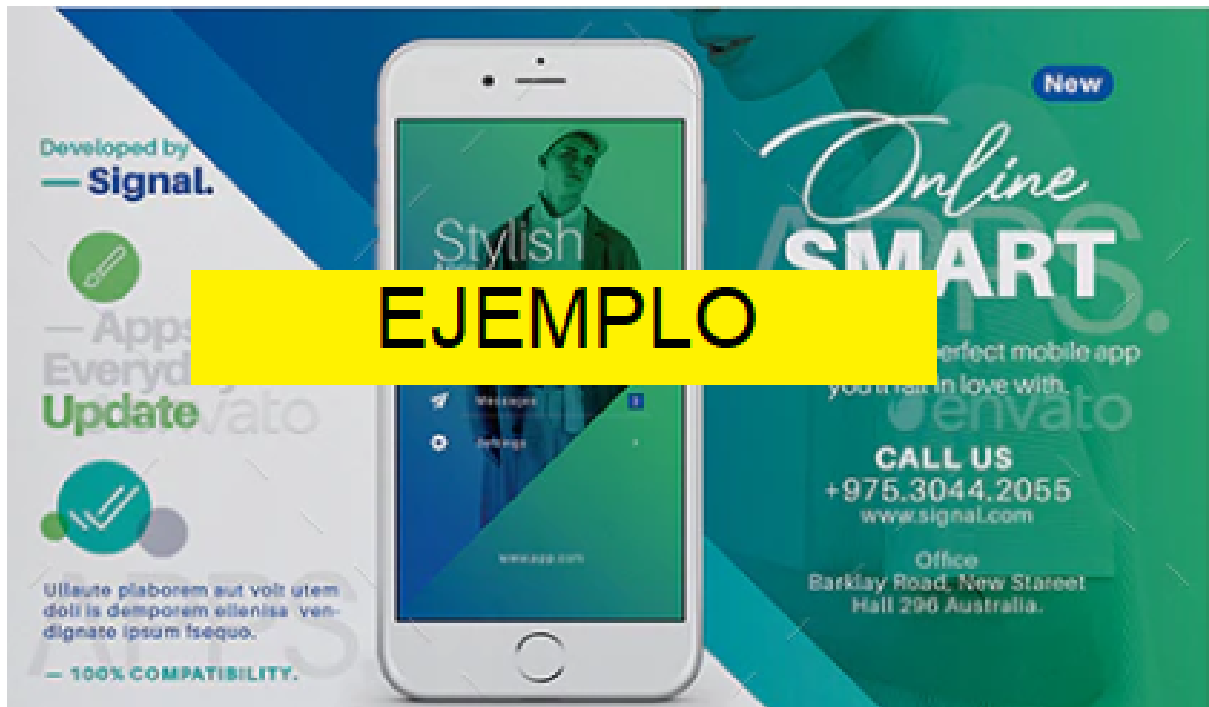


Fig. 2.27 – Aplicación móvil: inicio de sesión

Fuente: Elaboración propia.

2.1.6 Subsistema de flotación

Luego de definir en las Secciones 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, y 2.1.5, la selección de los dispositivos y su interacción el sistema permiten calcular las dimensiones de la máquina para analizar la flotabilidad y seleccionar flotadores adecuados. En las siguientes subsecciones se analizan los cálculos, selección y diseño del sistema de flotación.




Cálculo de sistema flotador

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Selección de flotadores

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

Tab. 2.13 – Tabla comparativa de flotadores.

	Requisitos mínimos	1	2	3
Figura	-			
Fabricante	-	9	10	11
Característica	12	13	14	15
Característica	16	17	18	19
Característica	20	21	22	23
Característica	24	25	26	27
Característica	32	33	34	35

Fuente: Imágenes de dominio público y elaboración propia.

[BORRADOR] El actuador lineal modelo XXX cumple con los requerimientos de la velocidad de movimiento que no puede ser demasiado lenta porque automatizar el proceso no sería óptimo, por lo que al final terminamos optando por el que tiene menor costo. [/BORRADOR]

Diseño de sistema de flotación

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit.

2.1.7 Planos del sistema

Los planos permiten visualizar el sistema de una forma en particular dependiendo del tipo de plano. En el presente trabajo optaremos por incluir dos tipos: planos de ensamble y planos de despiece.

Lista de planos de ensamble

El plano de ensamble presenta una visión de los diferentes componentes, cómo son las juntas, incluye un listado de componentes y se proporcionan características técnicas como el tipo de material y cantidad de componentes similares.¹³ En la Tabla 2.14 se muestra una lista de planos de ensamble.

Tab. 2.14 – Lista de planos de ensamble.

N° Lámina	Plano	Tamaño de pieza
L1	1	2
L2	3	4
L3	5	6
L4	7	8
L5	9	10
L6	11	12
L7	13	14

Fuente: Elaboración propia.

Plano de despiece

El plano de despiece presenta las características técnicas de cada pieza. Muestra dimensiones para poder fabricar la pieza. En la Tabla 2.15 se muestra una lista de planos de despiece de cada pieza.

¹³Goetsch et al. (2010)

Tab. 2.15 – Lista de planos de despiece

N°	Nombre de pieza	Tamaño de página
1	1	2
2	3	4
3	5	6
4	7	8
5	9	10
6	11	12
7	13	14

Fuente: Elaboración propia.

III Pruebas y resultados

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

3.1 Algoritmos de conteo de truchas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

3.1.1 Criterios de evaluación

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

3.1.2 Comparación

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

3.1.3 Errores detectados en la simulación de conteo de truchas

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

3.2 Simulación estructural

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

3.3 Simulación dinámica del sistema

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

IV Estimación de costos

4.1 Costos de diseño

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

4.2 Costos de manufactura

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

4.3 Costos de componentes

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

4.4 Costos de materiales

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

4.5 Costos total del sistema

Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam.

Conclusiones

[NO ES VERSIÓN FINAL, ES UN BORRADOR] Se detectaron procesos críticos en la crianza de truchas y se seleccionó el proceso manual que disminuía la producción final generando pérdidas económicas: clasificación y conteo de truchas en la etapa de engorde (15 a 20 centímetros).

Se elaboró la lista de requerimientos según una entrevista con personas dedicadas al cultivo de truchas. Se propuso tres conceptos de solución y se escogió uno de estos bajo un análisis técnico-económico. El concepto de solución óptimo cumple con todos los puntos de la lista de requerimientos. Además, se realizó el diagrama de operaciones necesario para mostrar el funcionamiento de la máquina.

Para el análisis de estabilidad y flotabilidad sobre el agua del concepto de solución óptimo será necesario realizar cálculos y mediciones

Una estimación simple sin detalle del concepto de solución óptimo muestra un costo menor comparado con el costo de una máquina que se comercializa internacionalmente. Además, el costo de operación disminuye debido a que se reduce el número de operarios de cuatro a solo uno.

El trabajo presentado puede ser extrapolado para obtener conceptos de solución diseñados para otras tallas de truchas.

Recomendaciones

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Lacus sed turpis tincidunt id aliquet. Nunc aliquet bibendum enim facilisis gravida neque convallis a. Ut tellus elementum sagittis vitae et leo duis ut diam. Dolor sit amet consectetur

adipiscing elit ut aliquam purus sit. Dolor sed viverra ipsum nunc aliquet bibendum. Euismod in pellentesque massa placerat. Et malesuada fames ac turpis egestas sed tempus urna. Euismod elementum nisi quis eleifend quam adipiscing vitae proin. Ornare suspendisse sed nisi lacus sed. Mollis aliquam ut porttitor leo a diam. Varius morbi enim nunc faucibus. Sit amet purus gravida quis blandit turpis cursus in hac.

Referencias

- Berins, M. L. (1991). *SPI Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry, Inc.* Springer. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9781461576068>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLO v4.0: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- Callister, W. D., Callister Jr., W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering* (9th ed.). Wiley. Retrieved from <https://www.wiley.com/en-gb/Materials+Science+and+Engineering%2C+9th+Edition+SI+Version-p-9781118319222>
- Churchill, D., Jie, L., Thomas K.F., C., & Bob, F. (2016). *Mobile Learning Design: Theories and Application* (1st ed.; D. Churchill, L. Jie, C. Thomas K.F., & F. Bob, Eds.). Springer. Retrieved from <https://www.springer.com/gp/book/9789811000256> doi: 978-981-10-0025-6
- Díaz Vergara, P. (2020). *Diseño conceptual de clasificadora y contadora de truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) de 10 a 20 centímetros para la crianza de truchas en la Laguna de Paucarcocha* (Unpublished doctoral dissertation). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Díaz Vergara, P., Balvín, J., Vargas, J., Leiva, M., & Jara, J. (2019). *Diseño de una enmalladora automática para mosquiteros cuadrados con perfil de aluminio 25x25 cm.* (Tech. Rep.). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/341600246_DISENO_DE_UNA_ENMALLADORA_AUTOMATICA_PARA_MOSQUITEROS_CUADRADOS_CON_PERFIL_DE_ALUMINIO_25X25_CM
- Fry, F. E. J., & Cox, E. T. (1970). A Relation of Size to Swimming Speed in Rainbow Trout. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. doi: 10.1139/f70-111
- Goetsch, D. E., S. Chalk, W., L. Rickman, R., & Nelson, J. (2010). *Technical Drawing and Engineering Communication* (6th ed.). Retrieved from <https://www.cengage.co.uk/books/9781428335837/>
- Harper, C. A. (2000). *Modern plastic handbook* (1st ed.). McGraw-Hill.
- Hecht, E. (2017). *Optics: A Contemporary Approach to Optics with Practical Applications and New Focused Pedagogy, Global edition* (5th ed.). Pearson Higher Education. Retrieved from <https://www.pearson.com/uk/educators/higher-education-educators/program/Hecht-Optics-Global-Edition-5th-Edition/PGM1095066.html>
- Joekman, R. J. (2010). *Designing the obvious* (2nd ed.; W. Sharp, Ed.). New Riders Press.
- Mahammed, M. A., Melhum, A. I., & Kochery, F. A. (2013). Object Distance Measurement by Stereo VISION. *2013 International Journal of Science and Applied Information Technology (IJSAIT)*.

-
- MakeItFrom. (2020). *Material Properties Database*. Retrieved 2020-09-22, from <https://www.makeitfrom.com/>
- Neil, T. (2012). *Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Mobile Applications* (1st ed.). O'Reilly.
- Oates, David W., Krings, Lisa M., Ditz, K. L. (1993). Field Manual for the Identification of Selected North American Freshwater Fish by Fillets and Scales. *Other Publications in Wildlife Management. Paper 13.*
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Engineering Design* (3rd ed.). London: Springer London. Retrieved from <http://link.springer.com/10.1007/978-1-84628-319-2> doi: 10.1007/978-1-84628-319-2
- Prajyot Mainkar, S. G. (2019). *Google Flutter Mobile Development Quick Start Guide* (1st ed.).
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2017). YOLO v2.0: YOLO9000 - Better, Faster, Stronger. *CVPR 2017*, 9. Retrieved from <https://pjreddie.com/media/files/papers/YOLO9000.pdf> doi: 10.1142/9789812771728_0012
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2018). YOLO v3.0: An Incremental Improvement. *Tech report*.
- Redmon, J. S. D. R. G. A. F. (2016). YOLO: You Only Look Once - Unified, Real-Time Object Detecion. *CVPR 2016*. doi: 10.1109/CVPR.2016.91
- Simone, A. (2020). *Flutter Projects: A practical, project-based guide to building real-world crossplatform mobile applications and games* (1st ed.; M. Yusuf Imaratwale, Ed.). Packt Publishing. Retrieved from <https://www.packtpub.com/product/flutter-projects/9781838647773>
- Solawetz, J. (2020). *YOLO v5.0: How to Train A Custom Object Detection Model*. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/how-to-train-a-custom-object-detection-model-with-yolo-v5-917e9ce13208>
- Zaarane, A., Slimani, I., Al Okaishi, W., Atouf, I., & Hamdoun, A. (2020). Distance measurement system for autonomous vehicles using stereo camera. *Array*. doi: 10.1016/j.array.2020.100016