

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño
Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA
ELECTRÓNICO PARA LA CONTABILIZACIÓN DE
PECES**

TESIS

que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de

MAESTRO EN INGENIERÍA

presenta:

César Eligio Mondaca Santillán

Director de tesis

Dr. Everardo Inzunza González

Ensenada, Baja California, México. Enero de 2017.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTUA Y DISEÑO

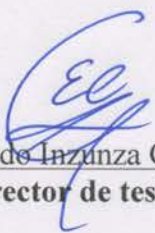
***DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
PARA LA CONTABILIZACIÓN DE PECES***

TESIS

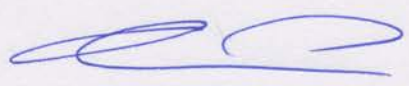
Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

CÉSAR ELIGIO MONDACA SANTILLÁN

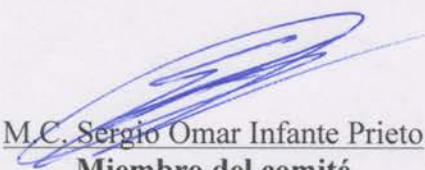
Aprobada por el siguiente comité:



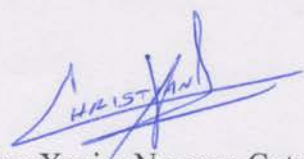
Dr. Everardo Inzunza González
Director de tesis



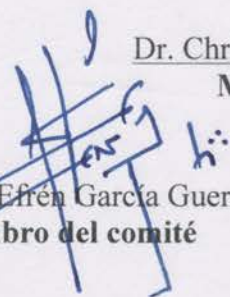
Dr. Oscar Roberto López Bonilla
Co-director de tesis



M.C. Sergio Omar Infante Prieto
Miembro del comité



Dr. Christian Xavier Navarro Cota
Miembro del comité



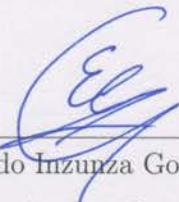
Dr. Enrique Efrén García Guerrero
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Enero del 2017

RESUMEN de la tesis de **César Eligio Mondaca Santillán**, presentada como requisito parcial para obtener el grado de MAESTRO EN INGENIERÍA, del programa de Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería de la UABC. Ensenada, B. C. México, Enero de 2017

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LA CONTABILIZACIÓN DE PECES

Resumen aprobado por



Dr. Everardo Inzunza González

Director de tesis



Dr. Oscar Roberto López Bonilla

Co-director de tesis

Este trabajo de tesis presenta el diseño, programación y construcción de un sistema electrónico para la contabilización automática de peces. El sistema está diseñado y construido a partir de sensores infrarrojos y una red tipo bus de seis microcontroladores, una estructura de acrílico y una interfaz gráfica para la comunicación con el usuario. El contador de peces funciona una vez que el pez cruza por uno de los conductos o tuberías de la estructura. Una vez que el pez o los peces crucen por uno de estos conductos que contiene los sensores infrarrojos, serán detectados e indicarán el flujo de los peces, al finalizar el pez podrá regresar por cualquiera de los conductos disponibles y el conteo será actualizado en tiempo real. La forma de notificar el resultado o el estado actual del sistema al usuario es por medio de una pantalla de cristal líquido(LCD) y mediante una interfaz gráfica desarrollada en el entorno Labview la cual lleva un registro detallado con hora y fecha por evento de cruce de cada pez. Una de las aportaciones destacadas en este trabajo de tesis es el desarrollo de tecnología de bajo costo y alto rendimiento para aplicaciones en piscicultura y acuicultura, al alcance de universidades públicas, centros de investigación e industrias.

Palabras clave: Contador de peces, Microcontroladores, Sensores opto-electrónicos, Piscicultura, Acuicultura.

ABSTRACT of the thesis of **César Eligio Mondaca Santillán**, presented as a partial requirement to obtain the degree of MASTER in ENGINEERING, of the program of MSc and PhD in Sciences and Engineering of UABC. Ensenada, B. C., México, January 2017

DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN ELECTRONICS SYSTEM FOR ACCOUNTING FISH

Abstract approved by



Dr. Everardo Inzunza González

Thesis supervisor



Dr. Oscar Roberto López Bonilla

Thesis supervisor

This thesis work presents the design, programming and build of an electronics system for automatic counting fish. The system is designed and built from infrared sensors and a bus network with six microcontrollers, an acrylic structure and graphic user interface(GUI) for communication with the user. The fish counter function when the fish swim by one of the ducts structure. When the fish or fishes crossing one of the system ways containing the detectors, it will be detected by the infrared sensors which notifies that it has detected one or more fish and the fish could go out the any way available and the total amount it will update at real time. How to notify the result or the current state of the system the user will be using a liquid crystal display(LCD and the GUI developed in Labview environment. One of the main contributions in this work is development of low-cost technology and high performance within applications in pisciculture and aquaculture, attainable for public university, researches center and industries.

Keywords: Fish counter, Microcontroller Opto-electronics sensors, Pisciculture, Aquaculture

*Dedicado a
mi familia*

Agradecimientos

Al Dr. Everardo Inzunza González, por su amistad, apoyo incondicional y por sus consejos y recomendaciones durante el desarrollo del trabajo de tesis de maestría.

Al Dr. Oscar Roberto López Bonilla, MC Sergio Omar Infante Prieto, un agradecimiento especial por sus consejos y apoyo en los avances y revisiones del presente trabajo de tesis de maestría.

Al Dr. Enrique Efrén García Guerrero, por haberme guiado y brindado su apoyo en la realización del presente trabajo de tesis de maestría.

A mi madre Isabel Santillán Álvarez, por darme mis valores éticos, guiarme en las bases de mis estudios y por su apoyo para continuar con este paso dentro de mi vida.

A mi familia Maria Edith Mondaca Alvirde y Victor Manuel Guerrero Leyva, por ser ejemplos de vida, por su gran apoyo durante mis estudios superiores, por aconsejarme y guiarme en este gran camino.

A Yamile Zaira Nassar Sánchez, por brindarme su cariño, amistad, consejos y apoyo incondicional durante este camino de maestría .

A mis compañeros Andrés Navarro Rodríguez Eduardo Rodríguez Orozco y Juan Miguel Hernández Ontiveros, por su amistad y apoyo drante el posgrado.

Al CONACyT, por su apoyarme con los recursos necesarios durante esta etapa profesional.

Al personal administrativo y docente de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Diseño por su apoyo y experiencia compartidas durante todo el proceso de formación de posgrado.

A nuestra alma mater: Universidad Autónoma de Baja California, que es como mi segundo hogar y donde se me ha permitido desarrollarme profesionalmente.

Al coordinador de posgrado, Dr. Miguel Ange lMartinez Rosas, por sus asesorías administrativas.

Ensenada, B. C. México.
de Enero de 2017.

César Eligio Mondaca Santillán

Tabla de Contenido

	Página
Tabla de Contenido	i
Resumen	iii
Abstract	iv
Agradecimientos	vi
Lista de figuras	ix
Lista de tablas	xi
I Introducción	1
I.1 Motivación	1
I.2 Planteamiento del problema	2
I.2.1 Descripción del problema	2
I.3 Objetivos de tesis	3
I.3.1 Objetivo general	3
I.3.2 Objetivos específicos	3
I.4 Organización de la tesis	4
II Marco Teórico	5
II.1 Piscicultura	5
II.1.1 Orígenes de la piscicultura	5
II.1.2 Métodos de piscicultura	8
II.1.3 Avances de tecnología dentro de la piscicultura	11
II.2 Trabajos relacionados	13
II.3 Resumen	17
III Diseño y construcción de la estructura para el contador de peces	18
III.1 Descripción general del sistema	18
III.2 Prototipo propuesto	18
III.3 Diseño de la estructura	19
III.3.1 Piezas diseñadas	20
III.4 Construcción de la estructura	22
III.4.1 Materiales utilizados	22
III.4.2 Herramientas utilizadas	24
III.4.3 Procedimiento	26
III.5 Resumen	28
IV Diseño y construcción del circuito electrónico	30
IV.1 Descripción general del sistema	30
IV.2 Circuito electrónico	31
IV.2.1 Fototransistor	32
IV.2.2 Led infrarrojo	33
IV.2.3 Atmega328	35

Tabla de Contenido (Continuación)

	Página
IV.3 Comunicación I2C	37
IV.4 Pantalla LCD	38
IV.5 Resumen	40
V Algoritmo de programación	41
V.1 Microcontrolador maestro	41
V.2 Microcontrolador esclavo	45
V.3 Interfaz gráfica	48
V.4 Resumen	56
VI Resultados experimentales	58
VII Resumen y conclusiones	61
Bibliografía	62

Lista de figuras

Figura		Página
1	Diagrama de flujo de proyecto.	4
2	Poducción mundial FAO 2012.	6
3	Principales países de producción acuícola FAO 2012.	7
4	Cultivo en jaula.	9
5	Cultivo en estanque.	10
6	Sensor de oxígeno.	11
7	Sensor de temperatura.	12
8	Sensor de pH.	13
9	Contador manual.	14
10	Pescavision 50 de Faivre.	15
11	Contador macro de Vaki.	16
12	Contado de NTM.	17
13	Esquema a bloques del proyecto propuesto.	19
14	Cara superior e inferior.	20
15	Cara lateral.	21
16	Cara frontal.	21
17	Tubo de acrílico.	22
18	Cortador de acrílico.	24
19	Regla T de un metro.	25
20	Cortador de tubo.	25
21	Dremel 3000.	26
22	Circuito detector.	31
23	Símbolo del fototransistor.	32
24	fototransistor PT1302B/C2.	32
25	Dimensiones fototransistor PT1302B/C2.	33
26	Símbolo de led IR.	34
27	Led Infrarojo IR383.	34
28	Dimensiones del led infrarrojo IR383.	34
29	Modelos atmega328.	36
30	Diagrama de bloques atmega328.	36
31	Canal de comunicación I2C.	38
32	Pantalla LCD 20X4 IIC.	39
33	Convertidos I2C para pantalla LCD	39
34	Diagrama de flujo.	41
35	Diagrama de flujo esclavo.	46
36	Mensaje bienvenida.	48
37	Seleccionar ubicación.	49

Lista de figuras (Continuación)

Figura		Página
38	Opción desactivar.	49
39	Achivos a instalar.	50
40	Proceso de instalación.	50
41	Finalización.	50
42	Interfaz de usuario.	51
43	Diagrama de bloques de Labview.	51
44	Máquina de estado.	52
45	Mensaje arduino.	52
46	Alerta arduino.	53
47	Solicitud de especie.	53
48	Diagrama de bloques de solicitud de especie.	54
49	Creación de archivos.	54
50	Lectura de puertos serial.	55
51	Captura de fecha.	55
52	Guardar base de datos.	56
53	Cebritas.	58
54	Dorados.	59

Lista de tablas

Tabla		Página
I	Medidas de pecera.	19
II	Medidas cara superior e inferior	20
III	Medidas de cara lateral	20
IV	Medidas cara superior e inferior	22
V	Medidas tubo.	22
VI	Características fototransistor PT1302B/C2	33
VII	Características led infrarrojo IR383	35
VIII	Características led Atmega328	35
IX	Descripción de pins módulo I2C	39
X	Características pantalla LCD	40
XI	Direcciones de esclavos	44
XII	Medidas de pecera	58
XIII	Experimento	60

Capítulo I

Introducción

El presente trabajo de tesis de maestría esta enfocado en el diseño y la construcción de un sistema electrónico para la contabilización de peces con la finalidad de ayudar a la solución de monitoreo que se presenta en algunos campos de investigación, crianza y venta de peces.

El sistema está diseñado en una estructura de acrílico la cual es introducida en una pecera, donde podrá removerse si es necesario, el cual contiene vías por donde los peces podrán circular libremente. Cuenta con una pantalla LCD (Liquid Crystal Display) para la visualización de la cantidad de peces contados hasta el momento.

Para llevar a cabo un registro del conteo de peces, se cuenta una interfaz de usuario en el entorno Labview donde se genera una base de datos del muestreo en la ubicación que el usuario decida.

I.1 Motivación

Durante la última década la piscicultura, dentro de la acuicultura, se ha desarrollado favorablemente en el aumento de crianzas para el estudio y consumo humano de peces logrando un impacto importante en la aportación de alimentos de las industrias pesqueras a nivel mundial. Es un sector que va en crecimiento, ya que se producen distintas especies en los estques piscicultores que en mar abierto es difícil pescar o localizar.

El área de desarrollo de la piscicultura se ha extendido hasta llegar a campos y centros de investigación para lograr producir, mediante las técnicas de reproducción, especies en peligro de extinción, peces con escasez de localizar, especies de investigación,

etc., por ejemplo, la totoaba se cría en centros de investigación mediante el cuidado y uso de técnicas piscicultoras.

Dentro de las necesidades para la crianza de peces se encuentra la contabilización de ellos para llevar un control y estadísticas del total de animales criados o capturados. Los barcos pesqueros llevan sus cuentas contando manualmente los animales capturados, sin embargo, eso toma tiempo y existe alta probabilidad de que se tenga una cuenta errónea. Hablando por el lado de la investigación, el contar peces manualmente puede ser perjudicial ya que se llegan a estresar, maltratar e incluso perder la vida de algunos peces. La electrónica ha entrado al área de la pesca y cultivos en estanques desarrollado instrumentos de medición y detección de peces en mar abierto, pero no está aun enfocado en la acuicultura.

Uno de los motivos importantes para realizar el presente trabajo de tesis, es la cantidad de centros de investigación que desarrollan la crianza de peces, desde alevín hasta su desarrollo como adulto, y debido a que no existen empresas nacionales enfocadas al desarrollo de instrumentos o sistemas para la piscicultura para la contabilización de peces en el proceso de su crecimiento que reporte en tiempo real los datos y genere registro de los mismos. Con el diseño y construcción de un sistema para contar peces se pretende tener mejor información de la cantidad de animales en el estanque o al momento de moverlos de lugar, y al no estar en contacto con humanos se podrá evitar causarles algún daño.

I.2 Planteamiento del problema

I.2.1 Descripción del problema

En la piscicultura existen gran variedad de sistemas que controlan o monitorean que se mantenga un ambiente estable para la producción de los peces, por ejemplo sensores de oxígeno, PH y control de temperatura. Sin embargo, desde que la cría se encuentra en

edad inicial hasta la edad madura, se debe llevar a cabo el conteo de ellos para tener un registro de la cantidad de elementos con los que se cuenta, ya que este dato puede ayudar a la industria desde su crianza hasta su comercialización.

El desarrollo de un contador de peces basado en diversos microcontroladores, sensores y la creación de un algoritmo para procesar los datos puede proporcionarnos el número de peces que tenemos en el momento y con esta información llevar un registro más exacto de la cantidad real para su producción o la venta del mismo al mercado.

Este sistema de contador de peces nos puede abrir puertas a varios aspectos, ya que al llevar un registro de la cantidad de peces durante su desarrollo se pueden detectar las pérdidas en cada etapa y encontrar problemas que afectan el desarrollo de la misma.

I.3 Objetivos de tesis

I.3.1 Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo de tesis es: Diseñar, programar y construir un sistema electrónico para la contabilización de peces, para el área de investigación y producción de centros piscicultores, con una pantalla donde visualizarán la cantidad de peces contabilizados en el momento y un software para tener registro de las mismas.

I.3.2 Objetivos específicos

- Búsqueda de sensores infrarrojos para la detección de los peces.
- Diseñar un circuito con arreglo optoelectrónico según las especificaciones necesarias para los sensores seleccionados.
- Construir un arreglo de circuitos optoelectrónicos en un pcb tarjeta perforada.
- Realizar un algoritmo de programación para los microcontroladores a utilizar configurándolos en modo maestro y esclavos para el conteo de los peces.

- Diseñar y programar una interfaz gráfica en Labview para guardar datos obtenidos del contador compatible con el programa de los microcontroladores.
- Diseñar una estructura para contabilizar los peces en solidwork.
- Cosntruir una estructura con circuito electrónico en material de acrílico.

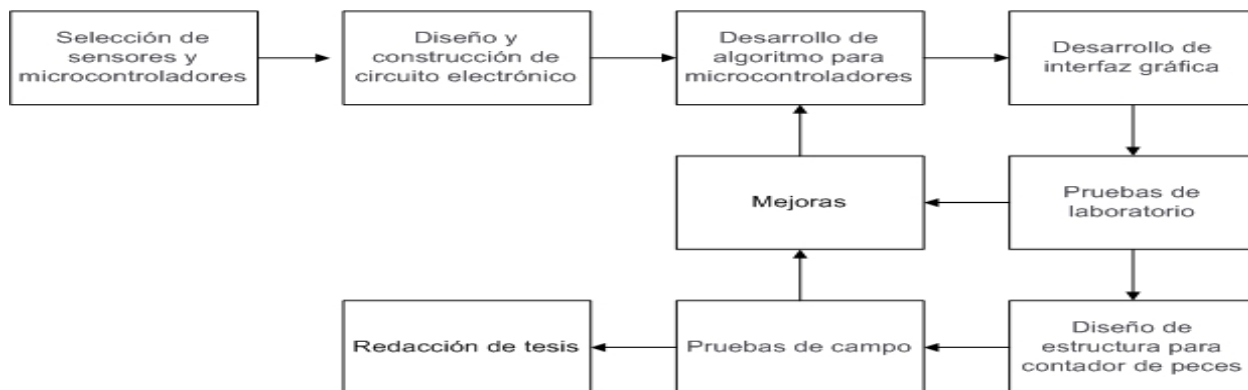


Figura 1: Diagrama de flujo de proyecto.

I.4 Organización de la tesis

Este trabajo de tesis de maestría está organizada en siete capítulos. El **segundo capítulo** presenta el marco teórico sobre los antecedentes y avances de la piscicultura. El **tercer capítulo** presenta el diseño y la construcción de la electrónica del sistema. El **cuarto capítulo** muestra el diseño y la construcción de la estructura del contador. El **capítulo cinco** muestra el algoritmo y metodología de comunicación que se utiliza para realizar la contabilización de los peces. En el **capítulo seis** presenta los resultados experimentales del sistema completo. Para finalizar, el **capítulo siete** nos desglosa el resumen y las conclusiones obtenidas del trabajo de maestría.

Capítulo II

Marco Teórico

II.1 Piscicultura

“ Dale a un hombre un pescado y comerá por un día, entrégale una caña de pescar y comerá por un tiempo enséñale a ser piscicultor y comerá con su familia ayudando a crecer el país ”. (Rodrigo Agudo, 2000)

II.1.1 Orígenes de la piscicultura

A través de la historia de la humanidad el hombre ha tenido la necesidad de buscar alimento para sobrevivir, lo que lo ha llevado a la búsqueda de métodos de cultivo de alimentos como lo son la agricultura, ganadería y piscicultura, entre otras. La definición de la piscicultura es variada, se encuentran definiciones que la limitan a una actividad de comercio, otros la definen como un arte o actividad recreativa, la Real Academia Española (RAE) la define de la siguiente manera:

“Conjunto de técnicas y conocimientos relativos a la cría artificial de peces y mariscos”.

El cultivo de peces es el sector que abarcaba un tercio de la producción pesquera en el mundo a finales de la década de los 80 y tiene un crecimiento anual del 11%. Hoy en día, una gran cantidad de investigadores, estudiantes universitarios y empresas utilizan la piscicultura como área de estudio o de negocios. Para lograr una completa reproducción de los peces se deben tomar varios factores en el proceso, desde su habitat natural hasta su alimentación.

Los orígenes de la piscicultura y la razón por la cual surgió se deben a la necesidad de mantener vivos a las especies capturadas o criadas de forma eficaz. No se ha registrado

en que preciso momento inició la piscicultura, aunque se sabe que es una actividad derivada de la acuicultura, para comprender los primeros indicios de la piscicultura se cita al Doctor en Biología Rueda, M. (2011).

Estos orígenes son ya documentados entre el 2000-1000 A.C. como una forma de producción en China (con la carpa) y el antiguo Egipto (con la tilapia). La primera monografía conocida sobre la crianza de peces fue publicada en China por Fan Lai en el año 473 A.C. mientras que en Europa Occidental se encuentran documentos ya en el siglo XV describiendo el uso de las fuentes de agua de los castillos y monasterios para mantener peces. Sin embargo, no es hasta mediados del siglo XX cuando se inicia una tímida evolución hacia la producción industrial a gran escala. Ya en el siglo XX se le brinda atención a la piscicultura y se comienzan a buscar técnicas que favorezcan la crianza y cautiverio de las especies, como menciona González, L. Sin año. Que es hasta principios de los años 70s cuando se logra dominar a nivel mundial la cría de diversas especies marinas, consolidándose así esta actividad en la industria.

En la actualidad la acuicultura ha producido mayor cantidad de peces con las técnicas piscicultoras comparado con la pesca en aguas continentales y aguas marinas. En la figura 2 podemos observar como se ha incrementado la producción de peces a nivel mundial hasta el 2012.

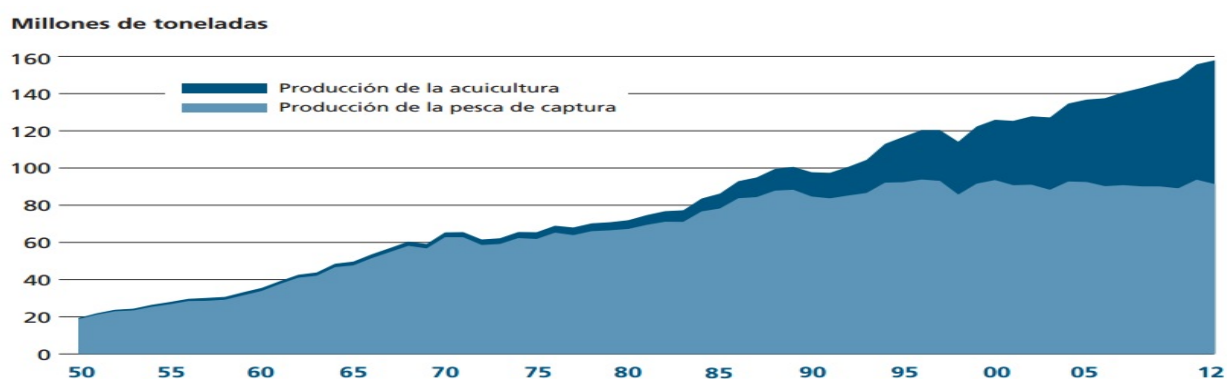


Figura 2: Producción mundial FAO 2012.

La caída de ingresos de la pesca se debe a que la producción pesquera mundial en aguas marinas descendió a 82.6 millones de toneladas en 2011 y a 79.7 millones de toneladas en 2012 en países asiáticos, mientras que los datos de la producción mundial de aguas continentales, aunque menos fiables por su dificultad de documentarlos, se han mantenido constante.

La producción acuícola mundial sigue creciendo, aunque a menor ritmo. Según las últimas estadísticas disponibles recopiladas por la FAO, el sector acuícola mundial alcanzó otro máximo histórico de 90,4 millones de toneladas en 2012. En la siguiente figura podemos observar los principales países acuicultores y la cantidad, así como las especies de producción hasta el 2012.

Productor	Peces de escama		Crustáceos	Moluscos	Otras especies	Total nacional	Proporción del total mundial
	Acuicultura continental	Cultivo marino					
	(toneladas)						(porcentaje)
China	23 341 134	1 028 399	3 592 588	12 343 169	803 016	41 108 306	61,7
India	3 812 420	84 164	299 926	12 905	...	4 209 415	6,3
Viet Nam	2 091 200	51 000	513 100	400 000	30 200	3 085 500	4,6
Indonesia	2 097 407	582 077	387 698	...	477	3 067 660	4,6
Bangladesh	1 525 672	63 220	137 174	...	...	1 726 066	2,6
Noruega	85	1 319 033	...	2 001	...	1 321 119	2,0
Tailandia	380 986	19 994	623 660	205 192	4 045	1 233 877	1,9
Chile	59 527	758 587	...	253 307	...	1 071 421	1,6
Egipto	1 016 629	...	1 109	...	...	1 017 738	1,5
Myanmar	822 589	1 868	58 981	...	1 731	885 169	1,3
Filipinas	310 042	361 722	72 822	46 308	...	790 894	1,2
Brasil	611 343	...	74 415	20 699	1 005	707 461	1,1
Japón	33 957	250 472	1 596	345 914	1 108	633 047	1,0
República de Corea	14 099	76 307	2 838	373 488	17 672	484 404	0,7
Estados Unidos de América	185 598	21 169	44 928	168 329	...	420 024	0,6
Subtotal de los 15 productores principales	36 302 688	4 618 012	5 810 835	14 171 312	859 254	61 762 101	92,7
Resto del mundo	2 296 562	933 893	635 983	999 426	5 288	4 871 152	7,3
Mundo	38 599 250	5 551 905	6 446 818	15 170 738	864 542	66 633 253	100

Figura 3: Principales países de producción acuícola FAO 2012.

II.1.2 Métodos de piscicultura

Para llevar a cabo los procedimientos de la piscicultura es necesario tener el conocimiento del método se pretende utilizar. Este método varia según el lugar donde se desea tener el cultivo de peces así como la especie. A continuación se van a mencionar los métodos más utilizados.

Jaula

Iniciado por pescadores asiáticos, esta técnica de cultivo permitía mantener vivos a los peces que se iban cosechando. En la actualidad se ha extendido a lo largo de más de 35 países como método de crianza y de investigación.

El método de cultivo de peces en jaula consiste en la producción de los animales en recipientes cerrados, cubriendo el fondo y la parte superior, construido con materiales capaces de permitir el flujo de agua para permitir que circule constantemente y limpie los desperdicios del agua que los rodea. Las jaulas pueden ser diseñadas de la forma que se requiera o permita el lugar donde se ubicarán, pueden utilizarse bambú, madera, plástico, malla sintética o cualquier material que no se dañe tan fácil con el agua. Las jaulas contenedoras de peces pueden encontrarse colocadas en el fondo o superficie del agua según se permita.

Ventajas.

- Se colocan en lugares con grandes masas de aguas que ya existen.
- Inversión mínima por su baja tecnología utilizadas.
- Fácil de construir por la sencillez de su diseño.
- Materiales fáciles de adquirir y manipular.
- Control de población de peces.

Desventajas.

- Competencia por alimento de los peces.
- Crecimiento de población de parásitos entre los peces.
- Perdidas por tormentas o daños en los materiales de las jaulas.
- Tiempo de vida de las jaulas es menor en agua salada.
- Dependencia de alimentación por humanos.



Figura 4: Cultivo en jaula.

Estanques de tierra o cemento

El cultivo de peces en estanque consiste en el diseño de un depósito cerrado de agua donde no fluye corriente alguna y de un tamaño donde los animales puedan crecer sin problemas de espacio. El tamaño del estanque varía según las limitaciones del terreno donde se va a ubicar(estanque de tierra) o el lugar donde se va a construir(estanque de cemento), no se recomienda construir un estanque mayor a una hectárea ya que podría ser una inversión económica costosa y difícil de controlar debido a la población de peces que se generaría.

Para la construcción de un estanque no es necesaria maquinaria pesada, solamente las herramientas necesarias y una buena ubicación libre de depredadores y donde el agua no se contamine con algunos químicos o pesticidas.

Ventajas.

- Accesible por su ubicación.
- Permite el monitoreo e investigación de los peces en cualquier momento.
- Fácil de construir.
- Control de población de peces.

Desventajas.

- Fabricación con materiales resistentes y costosos.
- Contro ambiental.
- Rápido crecimiento de bacterias y contaminantes.
- Dependencia de alimentacion por humanos.



Figura 5: Cultivo en estanque.

Existen otras técnicas de cultivo en las cuales varía el método de cuidado y alimentación utilizando las bases de los contenedores de peces en jaula o estanques.

II.1.3 Avances de tecnología dentro de la piscicultura

El piscicultura, al igual que otros métodos de crianza, requiere el aporte de proyectos de tecnología enfocados al cuidado y cultivo de peces. Las herramientas tecnológicas se refieren a una amplia variedad de temas, los cuales van desde el control de flujo o temperatura hasta el control de alimentación de las especies marinas.

La tecnología en psicultura significa tener lo necesario para el cultivo y cuidado de peces.

Acontinuación se mencionarán algunos de los instrumentos para la crianza de peces disponibles.

Sensor de oxígeno

El sensor de oxígeno disuelto es un transductor que genera un pequeño voltaje de 0 mV a 47mV dependiendo de la saturación de oxígeno de la membrana de detección de HDPE. Esta tensión puede ser fácilmente introducida a un convertidor analógico digital de un microcontrolador para leerla e interperetarla. Hay muchos factores que deben ser tomados en cuenta en la lectura de oxígeno disuelto, tales como la salinidad y la temperatura.



Figura 6: Sensor de oxígeno.

Sensor de temperatura

Este sensor digital consiste en una sonda sellada de temperatura que permite medir con precisión las temperaturas en ambientes húmedos. El DS18B20 provee lecturas

de temperatura de 9 a 12 bits (configurable) sobre una interfaz de un cable, de modo que se necesite conectar sólo un cable a un microprocesador. El sensor presenta una buena precisión hasta los 125°C, y el cable presenta una cubierta plástica que evita la corrosión, aunque se recomienda no exceder los 100°C para que el cable no sufra deterioro, el sensor esta encapsulado en un tubo de acero de alta calidad a prueba de agua y corrosión.



Figura 7: Sensor de temperatura.

Sensor de pH

El pH es la unidad para referenciar el potencial de iones de hidrogeno. El pH es una unidad de medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad contenida en una sustancia.

Un aumento o disminución de pH puede causar rompimiento del balance de los químicos del agua y facilitar la entrada a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden experimentar problemas ocasionando que las poblaciones disminuyan. El pH mantiene una escala definida marcando el valor neutro en 7, arriba de este valor encontramos las sustancias alcalina dando un valor máximo hasta de 14. por el lado contrario, un pH menor a 7 comienza a indicar que la sustancia es ácida logrando alcanzar un minimo de 0. El valor de el agua habitable para los peces debe ser de un rango entre 7 y 8, con esto se asegura el crecimiento de los animales y otras especies marinas dentro de un ecosistema.



Figura 8: Sensor de pH.

Los ejemplos anteriores son solo unos cuantos de muchos que existen en el medio de la piscicultura, así como la variedad de instrumentos dedicados al cuidado y crianza de los peces.

II.2 Trabajos relacionados

Dentro del mercado podemos encontrar otra tecnología similar a la que se está presentando en este trabajo de tesis. Los contadores de peces podemos encontrarlos desde su manera más simple (manual) hasta una compleja (electrónica y automatizada) según sea el caso requerido.

A continuación se mostrarán algunos de los instrumentos existentes y utilizados para la contabilización de peces.

Contador manual

Uno de los sistemas más básicos para la contabilización de peces es un contador manual. Este sistema cuenta con un visualizador numérico donde podemos observar la cantidad de peces que tenemos al momento de accionar una perilla que gira el sistema

interno del aparato realizando que se muestre el número consecutivo del actual, es decir, incrementos de uno en uno. Para reiniciar el conteo se cuenta con una perilla que coloca el indicador numerico a 0.



Figura 9: Contador manual.

Faivre

Es una empresa dedicada a tecnología enfocada a la acuicultura desde 1958, con sede en Francia, cuenta con instrumentos dedicados a la industria pesquera para el conteo de peces. El sistema contabilizador que promocionan es el pescavision 30 y pescavision 50, siendo el último el de mejor precisión. Este equipo utiliza tecnología de leds infrarrojo para reconocer a los animales y sus características son las siguientes.

- Presición del 98%- 100 %.
- Material de aluminio.
- Fácil de utilizar.
- Solo peces de 500 g a 4.5 Kg.

El sistema cuenta con separadores de diferentes tamaños para que solo pase un pez a

la vez y no se altere la cuenta de los mismos, es fácil de transportar y maniobrar.



Figura 10: Pescavision 50 de Faivre.

Vaki

Empresa ubicada en Islandia cuenta con una gran variedad de instrumentos electrónicos para la contabilización de peces, con mas de 20 años de experiencia, enfocados a diverss tipos de pruebas, conteo, peces, métodos, etc que se requiera en el sector pesquero. Dentro de las características de sus productos podemos encontrar las siguientes como las más importantes.

- Sistema automático de nivelación en cada equipo.
- Limpieza de las bombas de los equipos por medio de vacío.
- Manejo cuidadoso con los peces.
- Control total del sistema.
- Múltiples canales.

La siguiente imagen muestra el contador Marco de la empresa Vaki, el cual está enfocado a la contabilización de los peces en los criaderos. Este sistema tiene con un rango de 2 g a 400 g lo que lo convierte en un sistema ideal para los alevines. Contiene un sistema de neumaticos para su facil traslado y esta fabricado en una estructura de aluminio para ser ligero y resistente.



Figura 11: Contador macro de Vaki.

Northwest Marine Technology

Empresa donde podemos adquirir contadores lectrónicos de peces ubicada en Estados Unidos de America. Los equipos de esta empresa estan enfocados a peces salmón adultos y cuenta con la tecnología de alarma de conteo y temperatura del agua donde se encuentra ubicado, solo realizan el conteo individual del lote de peces y pueden estar enlazados en un red de contadores. Todo el sistema se encuentra en un dispositivo de control total con una pantalla de interfaz con el usuario.

Estos son solo algunos equipos con tecnologia enfocada a la contabilización de peces que podemos encontrar a nivel mundial. Sin embargo, como se menciona, solo puede ser adquirida en el extranjero y se encuentran enfocadas a industrias pesqueras por lo que puede ser mas complicado adquirir un equipo con objetivo o rangos que se encuentran dentro de lo requerido para un centro de investigación.



Figura 12: Contado de NTM.

II.3 Resumen

Durante este capítulo se describió la importancia y el impacto que ha logrado tener el cultivo de peces por medio de diversas técnicas y procedimientos que se presentan en la piscicultura. El desarrollo que se ha tenido desde sus inicios ha sido demasiado satisfactorio a tal grado que se obtienen más peces producidos en cultivos que en mar abierto. La tecnología ha sido fundamental en el proceso del cultivo de peces, ya que se ha logrado tener un gran avance de equipos de monitoreo, control de medio ambiente, alimentación, etc.

La piscicultura no solo nos ha demostrado ser un ambiente industrial sino también de enfoque en la investigación desarrollando así nuevas técnicas y tecnología para mejorar los cultivos de peces.

Capítulo III

Diseño y construcción de la estructura para el contador de peces

III.1 Descripción general del sistema

El sistema para la contabilización de peces esta constituido por una estructura de acrílico y unos conductos los cuales contienen sensores para la detección de los animales acuáticos. Dicho sistema tiene un arreglo electrónico de microcontroladores programados con un algoritmo tipo esclavo maestro para distribuir las tareas del sondeo de peces al momento de contarlos.

Para la vusualización del total de peces contados se teien una pantalla LCD y una interfaz gráfica para el usuario, donde se puede tener registro en una base de datos con la fecha y peces contados.

III.2 Prototipo propuesto

El sistema propuesto en este trabajo está se constituye de una estructura de acrílico que es introducida en una pecera. Dicha estructura esta compuesta por un diseño rectangular, donde sus dos caras frontales contienen tubos, que pasan del lado frontal al lado trasero de la estructura. Dentro de los tubos se encuentran una red de sensores, los cuales realizan el trabajo de contabilizar los peces durante su recorrido a traves de la estructura.

La esructura es completamente de acrílico transparente, incluyendo los tubos, y es introducida en una pecerea. El sistema electrónico permanecerá en la cara superior

donde se muestra el resultado de los peces contabilizados en una pantalla LCD y/o en una interfaz gráfica diseñada para el usuario desarrollada en el programa Labview.

III.3 Diseño de la estructura

Para desarrollar la estructura del sistema se realizó el diseño inicialmente en el software Sketchup como se muestra en la figura 13 dando el origen de cómo se visualizaría una vez finalizada.

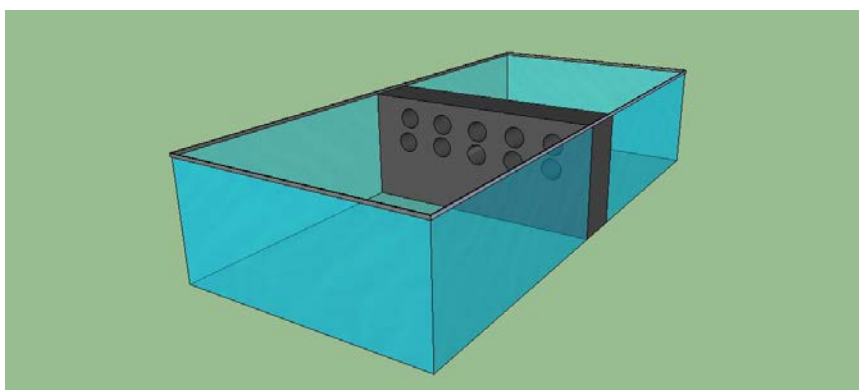


Figura 13: Esquema a bloques del proyecto propuesto.

Durante el avance del proyecto, y observando puntos claves para mejorar y optimizar el rendimiento del contador de peces, se diseñaron las piezas necesarias de la estructura en el programa SolidsWork. Para realizar el prototipo del sistema fue necesario principalmente tomar las medidas de la pecera o el lugar donde se colocaría el contador de peces. La pecera utilizada durante este trabajo cuenta con las medidas mencionadas en la tabla I.

Lado	Pulgadas
Largo	24
Ancho	12.25
Altura	16.6875

Tabla I: Medidas de pecera.

III.3.1 Piezas diseñadas

A continuación se muestra y describen las piezas que fueron diseñadas para la construcción del sistema electrónico para la contabilización de peces en Solidwork.

La pieza de la figura 14 muestra la parte de la base de la estructura y la cubierta superior de la misma donde van colocados los componentes electrónicos. Esta pieza cuenta con unas medidas mostradas en la tabla II.



Figura 14: Cara superior e inferior.

Lado	Pulgadas
Largo	11.75
Ancho	3.75
Altura	0.25

Tabla II: Medidas cara superior e inferior

Las piezas laterales(ver figura 15) son las caras de la estructura que estan en contacto con las paredes de la pecera a lo alto y sus medidas se muestran en la tabla III.

Lado	Pulgadas
Largo	13
Ancho	11.25
Altura	0.25

Tabla III: Medidas de cara lateral

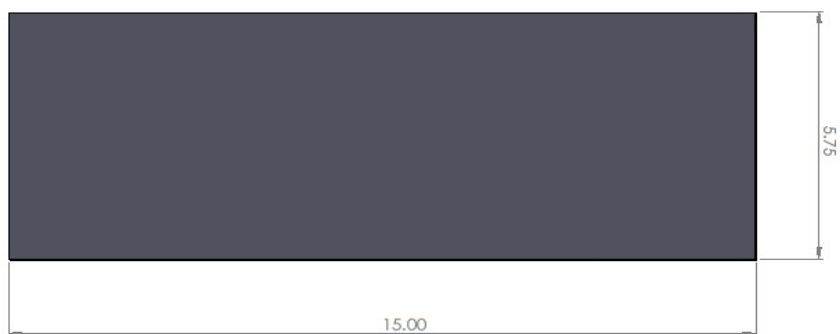


Figura 15: Cara lateral.

Las caras frontales son las piezas por donde se introducirá el tubo de acrílico(ver figura 17) y se diseña como se muestra en la figura 16, las medidas de esta pieza se describen en la tabla IV. La medida del diámetro del tubo son mencionadas en la tabla V y son colocadas a una distancia de 3 pulgadas entre cada una.

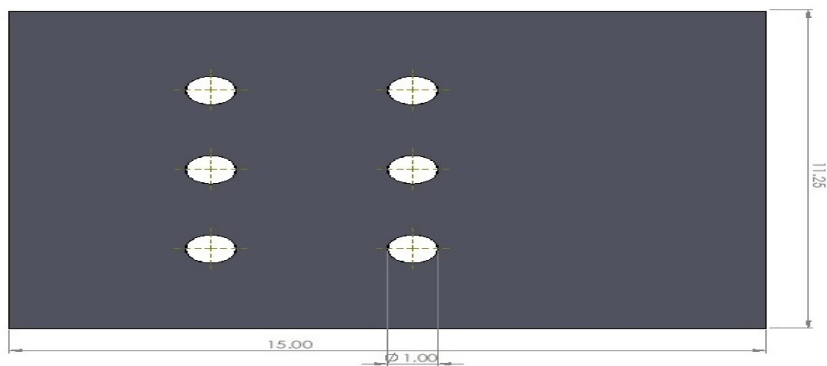


Figura 16: Cara frontal.

Para el conducto, por donde fluirán los peces, se utiliza un tubo prefabricado con las

Lado	Pulgadas
Largo	13
Ancho	11.25
Altura	0.25

Tabla IV: Medidas cara superior e inferior

medidas mencionadas en la tabla V. Esta pieza fue adaptada para ser introducida en la cara frontal mostrada en la figura 17 y así completar la sección donde se contabilizarán los peces.



Figura 17: Tubo de acrilico.

Lado	Pulgadas
Largo	3
Diámetro interno	0.75
Diámetro externo	1

Tabla V: Medidas tubo.

III.4 Construcción de la estructura

III.4.1 Materiales utilizados

En esta sección se muestra la lista y descripción de los materiales utilizados para la construcción del sistema para la contabilización de peces.

Acrílico.

Este material es el principal componente de las placas que constituyen la estructura del contador de peces. El acrílico es un polímero transparente. Dentro de las cualidades y características encontramos las siguientes:

- Resistencia a los impactos. Aproximadamente 15 veces mayor a la del vidrio.
- Fácil de manipular en cortes.
- Peso de lámina de acrílico menor al del vidrio(50%) y aluminio(43%).
- Tasa de transmisión de luz del 92%.
- Aislante eléctrico.

Algunas aplicaciones del acrílico son las siguientes:

- Paneles luminosos.
- Puertas de baño.
- Cajas eléctricas.
- Protectores de seguridad.
- Muebles.

Sellador.

Uno de los retos de la estructura es el impedimento de filtración de agua al interior. Para evitar este problema se requirió de un pegamento sellador el cual une todas las piezas formando un sello de goma en las intersecciones de las piezas logrando así evitar que entre agua y se generen grietas. El sellador utilizado es de la compañía Sista y es un pegamento el cual al aplicarse es blanco y que al secarse se hace transparente

sellando las uniones donde fue aplicado y creando una capa de plástico antihumedad.

Algunas de las aplicaciones del sellador son las siguientes:

- Ventanas.
- Peceras.
- Puertas de regaderas y del hogar.
- Lavabos y zinc.
- Aislante eléctrico.

III.4.2 Herramientas utilizadas

Para llevar a cabo el trabajo de las piezas de acrílico necesarias para la estructura del contador de peces se requirieron de las siguientes herramientas.

Cortador de acrílico.

El cortador para acrílico , como se muestra en la figura 18, es un herramienta la cual tiene un mango de plástico de un extremo y del otro es una navaja con una curvatura en la punta dando la forma de un garfio. Esta herramienta logra dar una guia de corte en el acrílico hasta llegar a perforarlo o realizar una zanca la cual al realizar presión se rompe.



Figura 18: Cortador de acrílico.

Regla T.

Para realizar las mediciones en la placa de acrílico fue requerida una regla T para tener una referencia de ángulo recto como guía al momento de trazar las líneas con el marcador. La regla utilizada tiene como máximo una medida de un metro y 40 pulgadas como se muestra en la siguiente figura.



Figura 19: Regla T de un metro.

Cortador de tubos.

Para poder cortar el tubo de acrílico fue requerido una herramienta utilizada en plomería para cortar superficies redondas. El tubo es introducido en las guías del cortador, donde tiene una hoja redonda con filo la cual realiza el corte y un sujetador. En la siguiente imagen podemos observar el cortador utilizado.



Figura 20: Cortador de tubo.

Dremel 3000.

El dremel es una sistema de herramientas multifuncional el cual cuenta con un motor con velocidad controlable y con un cabezal intercambiable de puntas según se requiera para el trabajo. En la siguiente figura podemos observar el dremel con algunas de las piezas que se utilizaron en este proyecto.

Dentro de las aplicaciones del dremel se encuentran las siguientes.



Figura 21: Dremel 3000.

- Cortar vidrio, yeso, madera, azulejo, concreto, plástico y cerámica.
- Grabar en materiales duros y blandos.
- Lijar superficies y bordes.
- Fresar molduras y bordes.
- Pulir superficies.

III.4.3 Procedimiento

Para la construcción de la estructura del contador de peces se lleva a cabo los trabajos de corte, unión y sellado del material. A continuación se describirán los pasos que se realizan para este trabajo de tesis.

Se comienza realizando el trazo de las piezas necesarias en la placa de acrílico, es decir, cada una de las caras de la estructura fue marcada con plumón en el acrílico según las medidas que se especificaron en la sección 3.1 de este capítulo.

Una vez trazadas las caras se utiliza el cortador de acrílico para rasgar y marcar el contorno de las piezas. El uso del garfio es el siguiente:

Se debe tomar el mango con la mano y colocar el garfio en un ángulo aproximadamente de 45 grados hacia uno mismo. Se debe presionar con fuerza la punta del cortado

en la superficie del acrílico y seguir la línea trazada con el marcador. Esta técnica de marcar la pieza con el garfio del cortador se repite durante un tiempo hasta llegar a obtener una línea profunda aproximadamente más de la mitad del grosor de la placa de acrílico.

Una vez realizado la marca de corte en el acrílico podremos a realizar alguna de las siguientes acciones.

- Corte con dremel.

Con el dremel y la punta de disco se puede seguir la guía realizada por el garfio y terminar de atravesar el acrílico para completar el corte de la pieza. Se debe llevar una velocidad moderada en el motor del dremel, ya que en alta velocidad el disco ocasiona demasiada fricción en la superficie haciendo que la temperatura suba y maltrate el acrílico.

- Presionar la pieza.

Una vez que tenemos la guía realizada por el garfio se puede realizar presión en el lado contrario al trazo haciendo palanca para que se rompa el acrílico por la ranura que hemos hecho con el cortador. Este método es muy eficaz cuando tenemos solo un extremo de la cara para cortar, ya que al tener más de dos extremos se dificulta por la distribución de peso y el posible rompimiento del acrílico.

Para los tubos de acrílico se utiliza el cortador de tubos. La pieza de acrílico es introducida en la sección del cortador con forma circular en la medida marcada, donde es presionado hacia las hojas de corte con un sujetador. Lo importante en este punto es que al momento de girar el cortador se genere una línea recta de corte, ya que al momento de desviarse provocará un mal corte. Al momento de ir girando el cortador se debe ir ajustando la perilla que mueve la navaja del cortador para que realice la presión

al tubo y no se salga de las guías. Al paso del tiempo de iniciar el corte, el tubo de acrílico caerá solo o simplemente se puede realizar palanca en la pieza para terminar de romper la guía hecha por el cortador.

Ya terminado los cortes de las piezas necesarias procederemos a realizar los cortes de la cara frontal para introducir el tubo de acrílico. Para realizar esta tarea se utiliza una herramienta de broca con corte circular la cual es empleada en las guías del tubo dibujadas en la superficie de la cara frontal según las especificaciones del diseño. Las piezas de acrílico deben estar firmes en la superficie para evitar algún movimiento que nos desvíe del curso de la broca. Al momento de cortar el acrílico se genera un espacio circular por donde va a entrar el tubo.

Las piezas son lijadas en las orillas con el dremel y la punta de lija, con esto evitaremos dejar algún pico o rebajar algún corte no deseado.

Para unir la estructura se comienza a colocar los tubos de acrílico dentro de los orificios de las caras frontales. Cada unión o intersección de prototipo es pegada con el sellador y dejar reposar para que seque. Al finalizar el secado de esta pieza procederemos a colocar las demás caras una por una colocando el sellador.

Para que las piezas de toda la estructura sequen correctamente es necesario dejar pasar uno o dos días sin moverse.

III.5 Resumen

En este capítulo se logró obtener, mediante análisis e investigación, como y cual debe de ser el modelo del prototipo a construir. Para comenzar a diseñar el prototipo se verificaron los posibles materiales en cual se realizarían las piezas, siendo el acrílico el material con la mejor resistencia y manejo al momento de cortarlo y trabajarlo. Las dimensiones de la estructura son basadas en una pecera que se contaba para realizar pruebas y por ende fueron las medidas base, pero no las reales, para conocer las

dimensiones del diseño.

Una vez teniendo en mano las medidas, diseño de la estructura y el material se procedió a construirlo utilizando las herramientas necesarias como lo son garfio, regla, dremel, pegamento, etc. Al finalizar el ensamble del prototipo se mantuvo la espera del secado del sellador, pieza fundamental en el proyecto para evitar filtraciones de agua al interior de la estructura.

Capítulo IV

Diseño y construcción del circuito electrónico

IV.1 Descripción general del sistema

El sistema para la contabilización de peces desarrollado para este trabajo de tesis está construido por un dispositivo electrónico que es el encargado de analizar y monitorear los datos durante el proceso de actividades del contador de peces. Se tiene un arreglo de microcontroladores enfocados en comunicación I2C(Inter-Integrated Circuit por sus siglas en inglés) para una distribución de las tareas a realizar. Se incluye una etapa de fototransistores y leds infrarrojos que son los encargados de dar los valores o señales en el transcurso del funcionamiento del sistema para que sean procesados por un algoritmo.

Otro de los elementos integrados es una pantalla LCD 20X4 con comunicación I2C para la visualización de los datos obtenidos de la etapa detectora y el procesamiento de los datos. Además se cuenta con una visualización gráfica de los datos obtenidos en el equipo de cómputo.

El sistema puede ser alimentado de distintas maneras según sea requerido:

- USB (5V)
- Conectorjack(5V-9V)

El sistema de USB(Universal Serial Bus por sus siglas en inglés) es utilizado cuando se requiera una conexión al equipo de cómputo para el análisis de datos, mientras que la alimentación por medio del conector jack puede estar conectado en cualquier momento. El sistema tiene una protección para que solamente se use una alimentación a la vez.

IV.2 Circuito electrónico

Para el desarrollo del circuito electrónico del sistema para la contabilización de peces se utilizan placas de arduino, modelos UNO y Nano, que contiene un microcontrolador atmega para realizar la etapa de procesamiento de datos y comunicación. En la figura 22 se puede observar el arreglo principal que funciona como detector de los peces. Es un sistema de sensores optoelectrónicos que emiten y se activan con luz infrarroja.

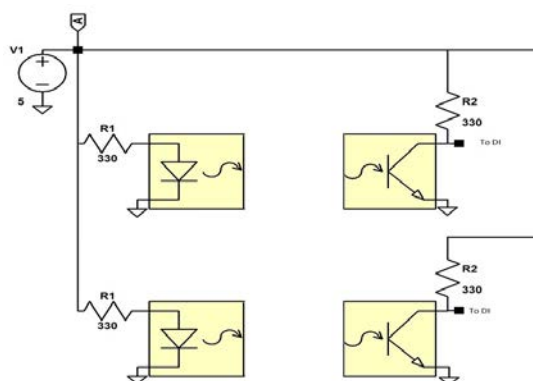


Figura 22: Circuito detector.

Los microcontroladores son los encargados de procesar la señal emitida por el fototransistor al momento de que es interrumpida la luz infrarroja, producida por el led IR, que incide en el. Cuando lo anterior ocurre, la la señal para por una etapa de comparación y después es enviada para su procesamiento al sistema de microcontroladores. Cada arreglo de sensores cuenta con una salida de información independiente de los demás para lograr así una red de microcontroladores autónomos.

El sistema cuenta con microcontroladores que estan en comunicación I2C, en forma de esclavo, y cada uno cuenta con un arreglo de sensores para estar verificando la activación de los mismos cuando los peces pasen por los conductos. al momento de ser requerida la información recolectada por cada uno de los esclavos, un microcontrolador maestro la solicita y procesa cada uno de los datos.

IV.2.1 Fototransistor

El fototransistor es similar a un transistor pero su activación es por medio de luz infrarroja en la base. Su funcionamiento esta basado en un cambio de estado, abierto o cerrado, cuando se incide luz infrarroja en la base del transistor, se logra que pase la corriente del colector al emisor. El símbolo del fototransistor se muestra en la figura 23.

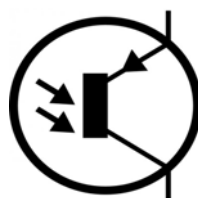


Figura 23: Símbolo del fototransistor.

Sólamamente existen dos tipos :

- NPN
- PNP

El modelo del fototransistor utilizado se muestra es el PT1302B/C2 y en la figura 24 podemos observar una imagen del mismo.



Figura 24: fototransistor PT1302B/C2.

Las medidas y dimensiones del fototransistor PT1320B/C2 pueden observarse en la figura 25.

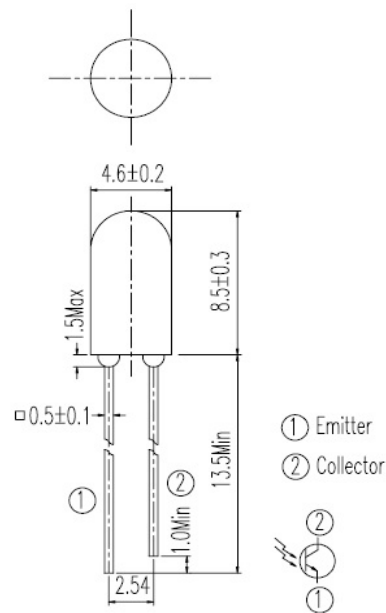


Figura 25: Dimensiones fototransistor PT1302B/C2.

En la tabla VI podemos observar algunas de las características de este dispositivo electrónico.

Parametro	Símbolo	Valor	Unidad
Voltaje Colector- Emisor	V_{CEO}	30	V
Voltaje Emisor - Colector	V_{ECO}	5	V
Corriente colector	I_C	20	mA
Temperatura de operación	T_{opr}	-25 +85	C

Tabla VI: Características fototransistor PT1302B/C2

IV.2.2 Led infrarrojo

Un led(light-emitting diode por sus siglas en inglés) es un componente electrónico pasivo el cual, al estar polarizado de ánodo a cátodo, emite una radiación electromagnética llamada luz infrarroja. La radiación emitida es de un espectro luminoso que tiene una longitud de onda de 780 nm a 1400 nm que no es calorífica y es invisible al ojo humano.

El led infrarrojo o led IR es el dispositivo electrónico que emite luz infrarroja cuando se polariza. El símbolo del led IR es similar al de un led normal con la característica

mencionada que es IR y se muestra en la siguiente figura.



Figura 26: Símbolo de led IR.

El modelo utilizado en este trabajo de tesis es el led IR383, de la empresa Everlight, y en la figura 27 podemos observar una imagen detallada del mismo.



Figura 27: Led Infrarrojo IR383.

Las medidas y dimensiones del led infrarrojo IR383 pueden observarse en la figura 28.

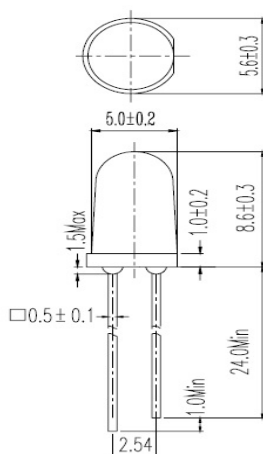


Figura 28: Dimensiones del led infrarrojo IR383.

En la tabla VIII podemos observar algunas de las características de este dispositivo electrónico.

Parámetro	Simbolo	Valor	Unidad
Corriente continua directa	I_F	100	mA
Voltaje de operación	V_R	5	V
Temperatura de operación	T_{opr}	-40 +85	C

Tabla VII: Características led infrarrojo IR383

IV.2.3 Atmega328

El atmega328 es un circuito integrado, construido por la empresa Atmel, de alto rendimiento que cuenta con entradas analógicas y digitales, salidas digitales, salidas PWM, convertidores analógico digital, comunicación serial, USART e I2C. A continuación se detallan las características del microcontrolador en la siguiente tabla.

Parametro	Valor
Flash	32 kbytes
RAM	2 kbytes
EEPROM	1 kbyte
Pins	28
Frecuencia de trabajo	Hasta 20MHz
Alimentación de entrada	5-7 V
Pines de entrada analógica	6
Pines de entrada y salida digital	14
Pines de salida PWM	6
Corriente de trabajo en pines de E/S digital	40 mA

Tabla VIII: Características led Atmega328

En la figura 29 se puede observar los modelos del atmega328 en STM(Surface-mount technology por sus siglas en inglés) y through hole. Cada elemento contiene las mismas características de entradas y salidas de datos que el otro, sin embargo, sus aplicaciones pueden variar según se requiera ya que varían capacidad de memoria flash, ram y eeprom.

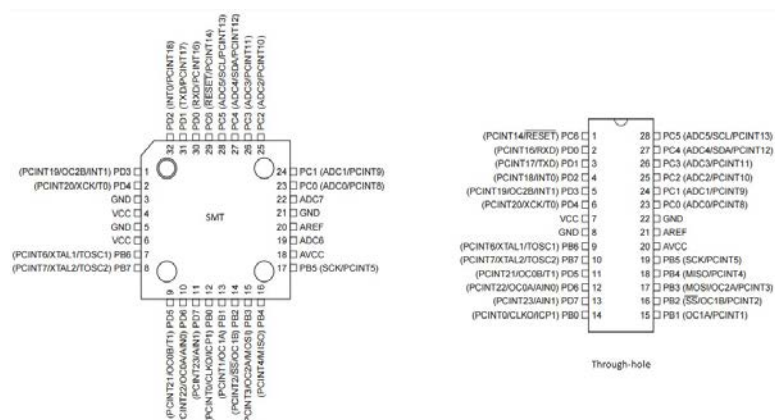


Figura 29: Modelos atmega328.

El microcontrolador atmega328 está constriuido por un CPU AVR y y periféricos antes mencionados. La figura 30 nos muestra el diagrama de bloques de como está compuesta su estructura interna.

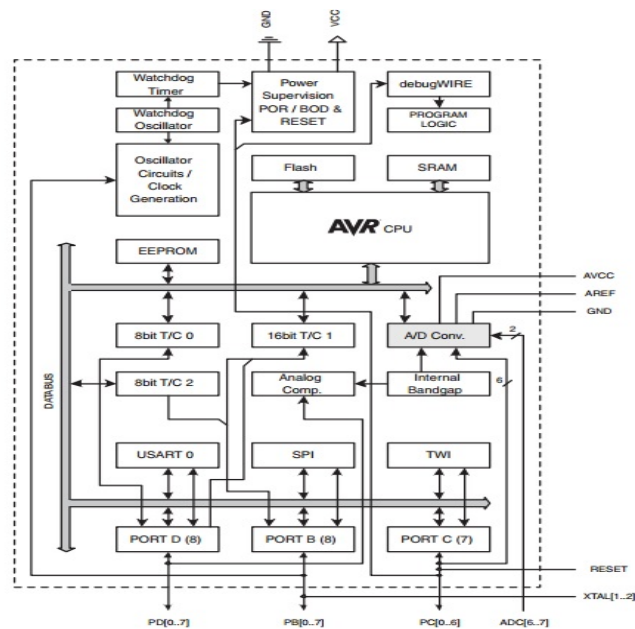


Figura 30: Diagrama de bloques atmega328.

IV.3 Comunicación I2C

El protocolo de comunicación I2C o IIC es un canal estandar que facilita la comunicación en una red de microcontroladores, memorias, sensores y otros dispositivos con la característica de comunicar por medio del puerto I2C. Fue desarrollado por philips a principios de la decada de los 80. La forma de transmitir datos por I2C es en serie y sincrónica, es decir, una señal marca el tiempo y otra es usada para intercambiar datos. Las señales que se utilizan en este canal, llevan una resistencia de pull-up que varía de 1800 ohms hasta 47000 ohms, y su descripciones son las siguientes:

- SCL, es la línea de tiempo que sincroniza los sistemas conectados.
- SDA, es la línea por donde se intercambian datos los dispositivos.
- GND, señal común entre los dispositivos conectados al canal de comunicación.

Las ventajas que podemos encontrar en este tipo de comunicación son:

- Poco cableado de conexiones.
- Comunicación a gran distancia entre dispositivos.
- Manejo de maestro esclavo.

Algunas de las desventajas que encontramos son las siguientes:

- Número máximo de dispositivos conectados.
- Distancia limitada entre dispositivos.
- Velocidad lenta comparada a comunicación en paralelo.

La figura 31 nos muestra la conexión de un canal de comunicación I2C.

Para llevar a cabo la comunicación I2C se requiere lo siguiente:

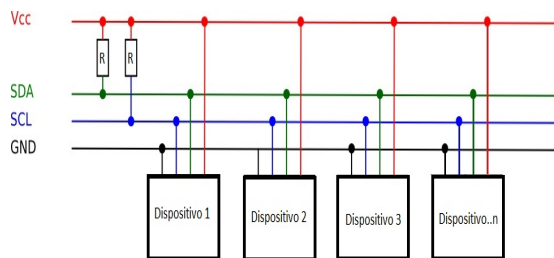


Figura 31: Canal de comunicación I2C.

1. **Bit de inicio.** Este bit es el que realiza un cambio de 0 a 1 para decirle al dispositivo conectado en el bus.
2. **Dirección.** Es la dirección de 7 bits del dispositivo a buscar o acceder.
3. **R/W.** Este bit indica si vamos a leer(bajo) o escribir(alto).
4. **ACK.** Es el bit alto de confirmación, en caso de que alguien reciba el mensaje enviado este bit se hace bajo.
5. **Byte de datos.** Aquí se colocan los datos que queramos enviar entre dispositivos.
6. **Byte repetitivo.** Este byte repite lo mismo del punto 5 hasta que el bit de ACK nos muestre un alto de que el mensaje ha sido recibido por el solicitante.
7. **Bit de stop.** Es el bit confirma que se ha dejado de comunicar.

IV.4 Pantalla LCD

Uno de los métodos para la visualización de los datos es por medio de una pantalla LCD (Liquid Crystal Display por sus siglas en inglés) del modelo 20X4, es decir, puede mostrar 20 caracteres por renglón y cuenta con 4 renglones. La ventaja de esta pantalla es poder utilizar el modelo con comunicación I2C con el módulo LCM2004.IIC y ahorra líneas de comunicación.

En la figura 32 podemos observar un ejemplo de una pantalla LCD 20X4 con el dispositivo para la comunicación I2C.



Figura 32: Pantalla LCD 20X4 IIC.

A continuación se muestra una imagen más clara del convertidor serial a I2C para la pantalla LCD.



Figura 33: Convertidos I2C para pantalla LCD

En la tabla IX se muestra la descripción de los pins del módulo convertidor I2C.

Pin	Símbolo	Descripción
1	GND	Tierra
2	V _{CC}	5V
3	SDA	Serial data
4	SCL	Serial clock

Tabla IX: Descripción de pins módulo I2C

Algunas de las características de las pantallas LCD son las siguientes:

- Consumo muy reducido de energía.
- Caracteres ASCII.
- Desplazamiento de caracteres a izquierda o derecha.
- Conexión con bus de 4 bit y 8 bits.

La descripción de pins de conexión de la pantalla LCD se muestra en la tabla ??.

Pin	Símbolo	Descripción
1	V_{SS}	Tierra
2	V_{DD}	5V
3	V_O	Contraste
4	RS	Registro de control y de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura
6	E	Señal de activación del módulo LCD
7-14	D0-D7	Bus de datos bi direccional

Tabla X: Características pantalla LCD

IV.5 Resumen

En el capítulo IV se muestra el diseño del circuito electrónico a utilizar. Para llevar a cabo su construcción se verificaron diferentes microcontroladores, encargados de procesar la información recolectada durante el funcionamiento del sistema contador de peces. Por otro lado, observamos los sensores a utilizar, tanto el receptor como el emisor, tomando en cuenta su eficiencia para llevar a cabo la detección de los peces al momento de pasar por el haz de luz que emiten los dispositivos. Se menciona y describe el sistema de comunicación que utilizan los dispositivos, pantalla LCD por ejemplo, para llevar a cabo el propósito dentro de este proyecto. Todos los sensores y microcontroladores fueron probados para verificar su funcionalidad y posteriormente integrados al circuito electrónico para la contabilización de peces.

Capítulo V

Algoritmo de programación

La programación para este trabajo de tesis es desarrollado en la plataforma de arduino para la etapa de detección de peces en configuración maestro-esclavo y la visualización de resultados. Para la interfaz gráfica se hizo un programa utilizando Labview 2013. Durante este capítulo describiremos las etapas del algoritmo y su funcionamiento. La siguiente figura muestra un diagrama de bloques general del sistema.

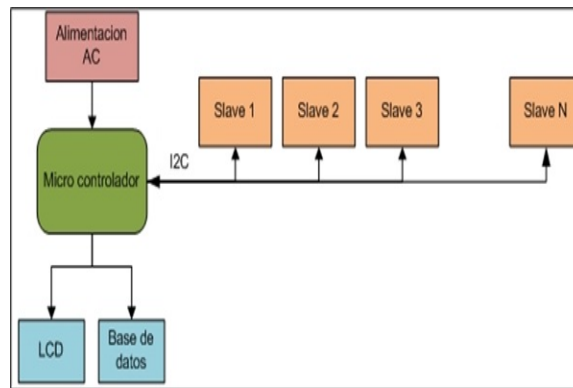


Figura 34: Diagrama de flujo.

V.1 Microcontrolador maestro

Durante la comunicación el dispositivo con la función maestro es el único que puede pedir valores a los demás esclavos dentro del mismo canal de comunicación. La programación se inicia con la introducción de las librerías que necesitaremos.

```
#include <Wire.h> //Librería para comunicación I2C
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Librería para pantalla LCD con I2C
#include <SoftwareSerial.h> //Librería para comunicación serial
```

Una vez realizado lo anterior procederemos a inicializar las variables necesarias.

```
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE); // Dirección
de LCD

int Tafter=0,Tbefore=0,A,B,C,D,E,F; //Variables
```

Las siguiente acciones es para preparar las acciones básicas requeridas.

```
void setup()
{
Wire.begin(); //Iniciamos el bus I2C
lcd.begin(20,4); //Iniciamos LCD
Serial.begin(9600); //Iniciamos el baud rate serial
Serial.print("Iniciando"); // Enviamos datos a serial
Serial.println(""); //Enviamos un espacio vacio a serial
for(int i = 0; i< 1; i++) //En este ciclo apaga y prende led de LCD
{
lcd.backlight();
delay(250);
lcd.noBacklight();
delay(250);
lcd.backlight(); // Finaliza y enciende luz de LCD
}

lcd.setCursor(0,0); //Start at character 4 on line 0
lcd.print(" MyDCI UABC "); //Enviamos mensaje a linea 1 de LCD
delay(500);
```

```

lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(" Instrumentacion "); // Enviamos mensaje a linea 2
delay(500);
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Contador de peces"); //Enviamos mensaje a linea 3
delay(500);
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("Total = "); //Enviamos mensaje a linea 4
delay(500);
}

```

Cuando se finaliza de inicializar los elementos necesarios se comienza con el programa principal el cual contiene las direcciones y solicitudes que requieren del esclavo. A continuación se muestra el código de petición a los microcontroladores conectados al canal I2C. La tabla XI nos muestra las direcciones y numeración del esclavo.

```

Wire.beginTransmission(0xF5); // Enviamos solicitud a la direcció 0xF5
delayMicroseconds(100); //Esperar
Wire.endTransmission(); //Terminamos la transmisión
Wire.requestFrom(0xF5, 8); // Pedimos 1 byte al esclavo 0xF5
while(Wire.available()) // Mientras tengamos datos.
{
A= Wire.read(); // Leemos el resultado y guardamos en variable
}

```

Esclavo	Dirección
1	F0
2	F1
3	F2
4	F3
5	F4
6	F5

Tabla XI: Direcciones de esclavos

Una vez finalizado la solicitud del esclavo a los maestros se procesarán los datos recolectados y se desplegarán en la pantalla LCD o en el puerto serial del dispositivo. En el siguiente código se describen los pasos para hacer lo mencionado anteriormente.

```

Total=A+B+C+D+E+F; // suma de todos los datos recolectados
int Tafter=Total; // comparador de cambio de estado
if(Tafter!=Tbefore) //si existe cambio entra al if
{
  Tbefore=Tafter;
  Serial.print("Total de peces = "); //Enviamos el valor al puerto serial
  Serial.println(Total);
  lcd.setCursor(0,2);
  lcd.print("Contando... "); //Se modifica texto en linea 3
  lcd.setCursor(0,3);
  lcd.print("Total = "); //Enviamos el valor a pantalla LCD
  lcd.print(Total);
  delay(500);
}

```

El microcontrolador maestro se mantiene ciclado preguntando cada 0.5 segundos los

datos recolectados por los microcontroladores esclavos hasta que se apague por completo el sistema.

V.2 Microcontrolador esclavo

La programación del dispositivo esclavo es la encargada de tomar los datos y enviarlos al maestro cuando lo soliciten. Se inicia cargando las librerías necesarias para la comunicación.

```
#include <SoftwareSerial.h> // Libreria para comunicación serial
#include <Wire.h> // Libreria para comunicacion I2C
```

Después de cargar las librerías procederemos a inicializar las variables a utilizar.

```
int LED=13; // Led indicador
int CI0=11; // Pin 11 digital
int CI1=12; // Pin 12 digital
int X=0, Y=0;
int tf=0; // Total de peces
```

Lo siguiente es preparar las acciones básicas requeridas.

```
void setup()
{
  Wire.begin(0xF4); // Se declara dirección del esclavo 0xF5
  Wire.onRequest(requestEvent); // Activamos evento de petición
```

```

Serial.begin(9600); // Iniciamos el baud rate serial
pinMode(CI0,INPUT); // Definimos pin como entrada
pinMode(CI1,INPUT); // Definimos pin como entrada
pinMode(LED,OUTPUT); // Definimos pin como salida
}

```

Ahora procedemos a programar la etapa de lectura de datos el cual está basado en el diagrama de flujo de la figura 35.

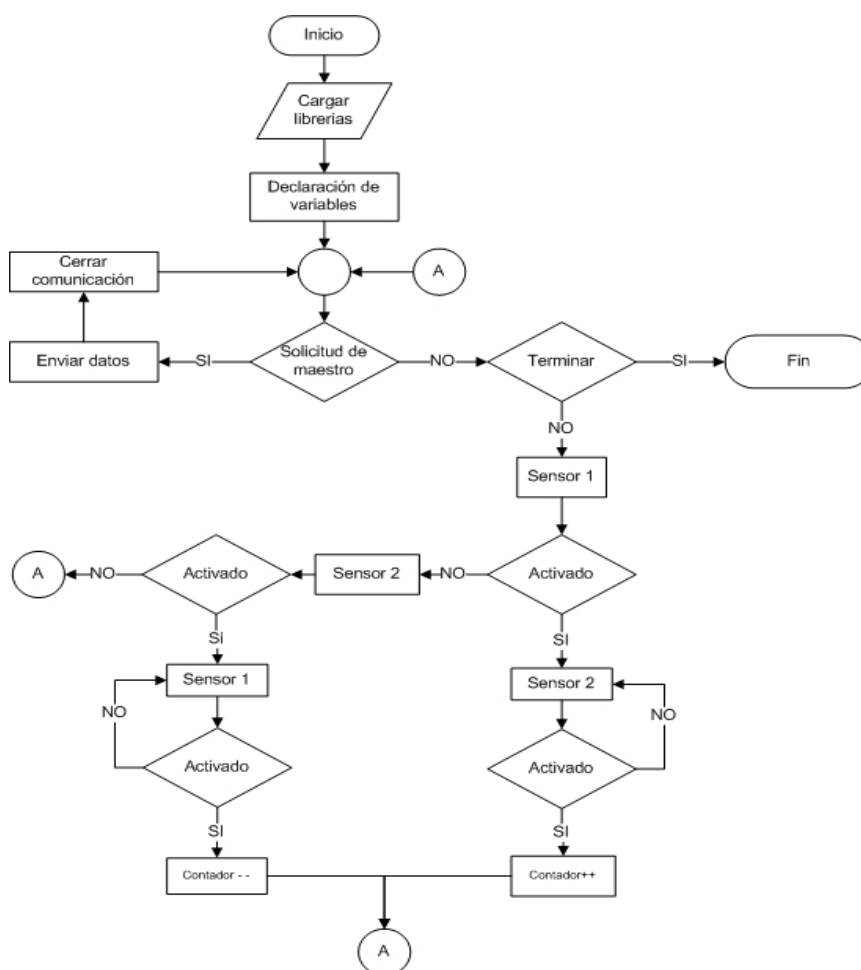


Figura 35: Diagrama de flujo esclavo.

En código de programación tenemos lo siguiente.

```
while(X==LOW&&Y==LOW)// verificar cambio de estado
{
X=digitalRead(CI0);
Y=digitalRead(CI1);
}
if(X>=HIGH) // Se activa sensor 1
{
while(X>HIGH)// Esperamos a que regrese a estado bajo
{
X=digitalRead(CI0);
Y=digitalRead(CI1);
}
while(Y<=LOW)//Esperamos a que se active sensor 2
{
X=digitalRead(CI0);
Y=digitalRead(CI1);
}
while(X>=HIGH||Y>=HIGH)// Esperamos a que los dos sensores esten en bajo
{
X=digitalRead(CI0);
Y=digitalRead(CI1);
}
tf++;// Sumamos 1 al contador
}
```

Para el caso de la resta la programación es similar, con la diferencia de que el orden es contrario. Cuando el microcontrolador maestro solicita los datos, el dispositivo esclavo responde de la siguiente manera.

```
void requestEvent()// Evento de solicitud de respuesta
{
Wire.write(tf); // Enviamos el valor de tg
}
```

V.3 Interfaz gráfica

La interfaz gráfica para el usuario fue desarrollada en el programa Labview 2013 de National Instruments con los requerimientos necesarios para la comunicación y adquisición de datos del sistema contador de peces.

El programa es un ejecutable que se instala en el equipo de cómputo del usuario, cabe mencionar que no se requiere tener previamente instalado Labview. Al momento de iniciar el instalador de la interfaz, el usuario solamente debe seguir las instrucciones que menciona el programa como se muestra en la figura 36.

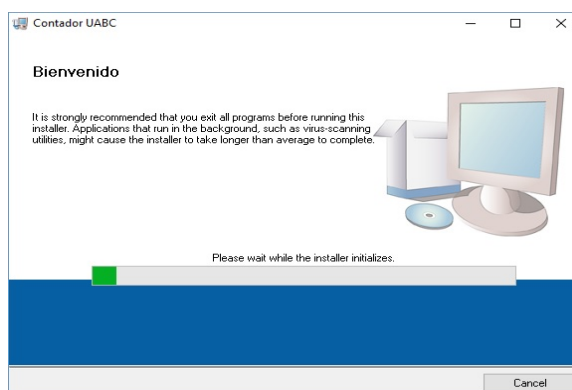


Figura 36: Mensaje bienvenida.

El siguiente paso es seleccionar la ubicación donde queremos guardar nuestros archivos para la interfaz.

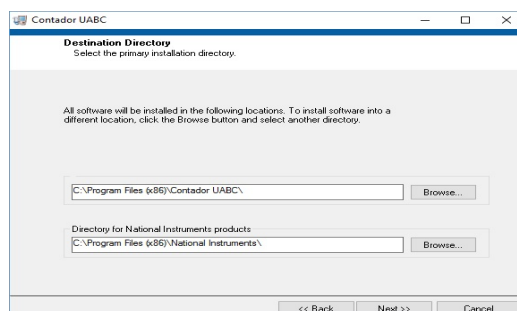


Figura 37: Seleccionar ubicación.

Una vez seleccionada la carpeta daremos click en next. A continuación se desplegará una ventana con la opción desactivar inicio rápido de windows donde el usuario puede elegir hacer o no la acción. Al finalizar se da click en next.

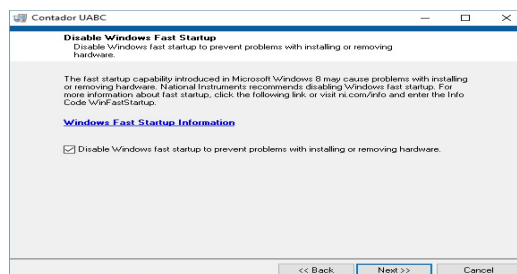


Figura 38: Opción desactivar.

A continuación se muestran, en la figura 39, los archivos o programas que van a ser instalados. Una vez verificado los datos se debe dar click en next.

Ahora se muestra una pantalla con el porcentaje de instalación de la interfaz. Al completarse se mostrará el botón next donde daremos click para continuar.

Por último se mostrará una pantalla con el mensaje de instalación completa como se muestra en la figura 41 y se debe dar click en la opción finish para comenzar a utilizar nuestra interfaz. Es recomendable revisar la dirección del folder en el disco duro donde

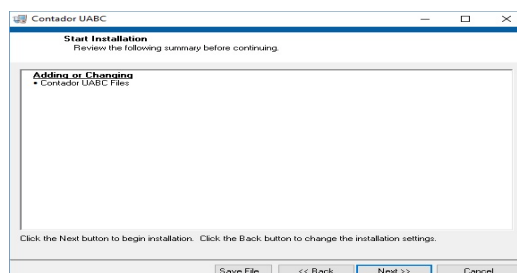


Figura 39: Archivos a instalar.

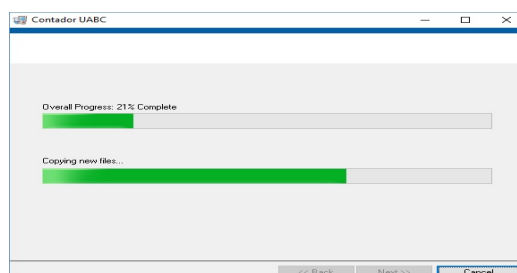


Figura 40: Proceso de instalación.

fue seleccionado instalar el programa para comprobar que los archivos se encuentren correctamente direccionados.

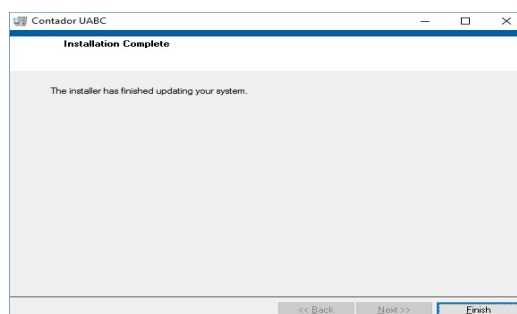


Figura 41: Finalización.

Al finalizar la instalación el usuario tendrá una pantalla, como la que se muestra en la figura 42, donde podrá visualizar el conteo de peces en tiempo real. El programa crea una base de datos donde se puede tener el registro por fecha y total de peces contabilizados.



Figura 42: Interfaz de usuario.

En la figura 43 se muestra la programación a bloques que se utilizó.

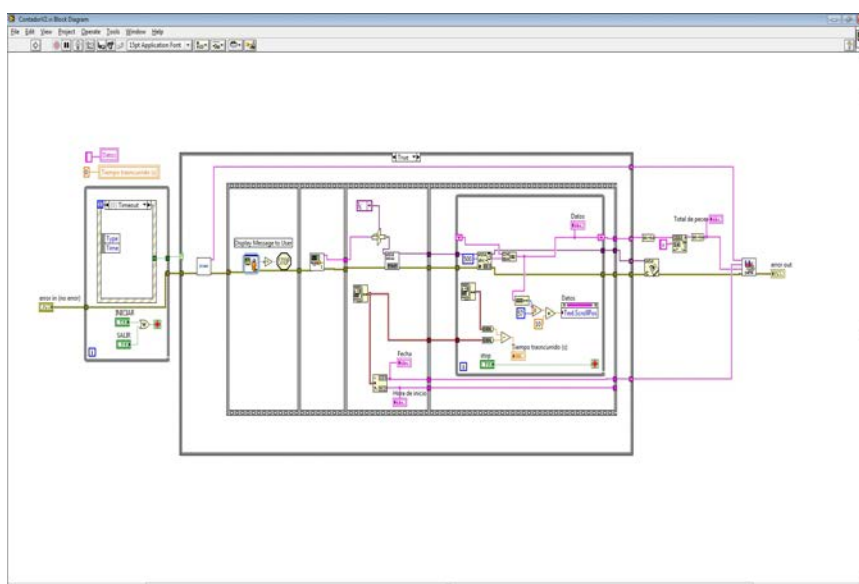


Figura 43: Diagrama de bloques de Labview.

A continuación se describirán los pasos que realiza la programación de la interfaz desarrollada en Labview.

La primera etapa del diagrama de bloques, ver figura44, contiene las opciones de salir o iniciar las pruebas de contabilización, si el usuario selecciona la opción salir, cerrará por completo la aplicación. Esta comparación de opciones se lleva cabo por medio de una máquina de estado, donde Labview mantiene una comparación de cambio

de estado, valor, carácter, etc y realiza una función definida con antelación.

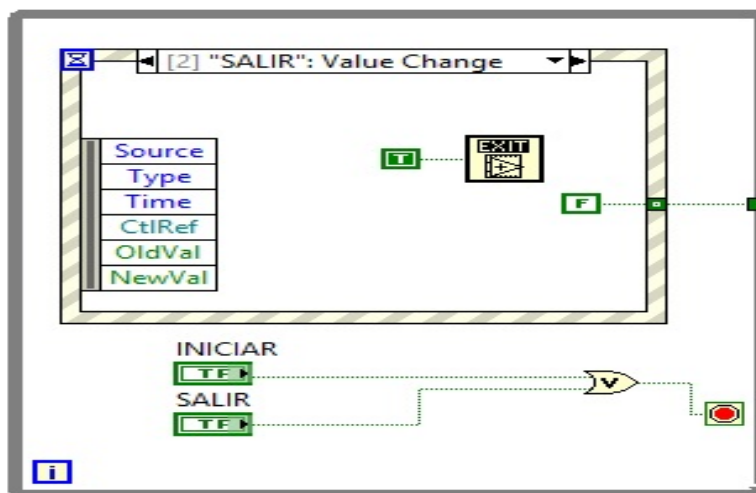


Figura 44: Máquina de estado.

La siguiente acción del programa es indicar, por medio de un mensaje, al usuario que conecte o verifique que se encuentre conectado el cable USB del Arduino como se muestra en la figura 45. En caso de que el usuario no conecte el arduino, el programa identificará su carencia dentro de los puertos seriales del equipo de cómputo y mandará una alerta, ver figura 46, de que no fue encontrado, posterior a esto la aplicación se detendrá.

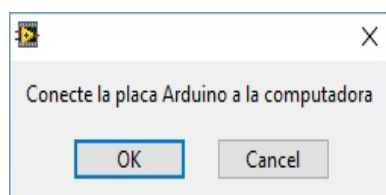


Figura 45: Mensaje arduino.

La siguiente acción del programa es solicitar al usuario que escriba la especie de

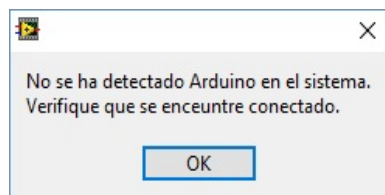


Figura 46: Alerta arduino.

pez a contabilizar para poder guardarlo como uno de los campos de registro en la base de datos. En la figura 47 podemos observar la interfaz que interactua con el usuario para solicitar el nombre, mientras que la figura 48 nos muestra el diagrama de bloques utilizado para realizar esta acción.

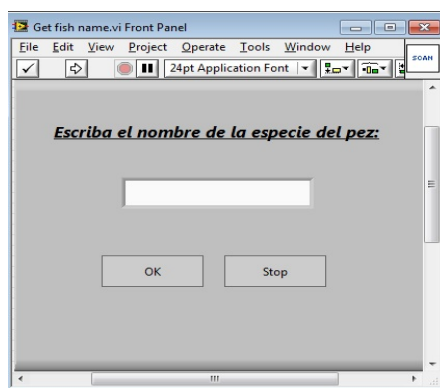


Figura 47: Solicitud de especie.

Finalizada la etapa anterior, el programa procederá a buscar y/o crear las carpetas necesarias para guardar la base de datos de registros.

Durante la rutina anterior también se analizan los dispositivos seriales conectados al equipo de cómputo y se verifica el nombre de cada uno de ellos hasta encontrar el requerido, en caso de no encontrarlo se muestra el mensaje que se menciona anteriormente en la figura 46.

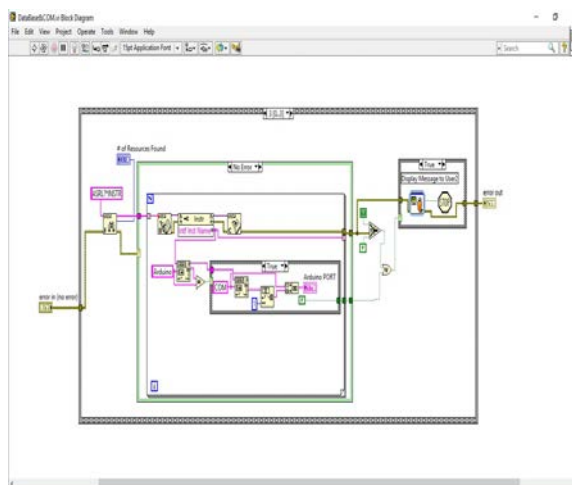


Figura 50: Lectura de puertos serial.

A continuación, en la figura 51, se muestra el diagrama donde se inicia el puerto serial correspondiente al arduino y se realiza la captura de la fecha y hora del sistema para guardarlo en los registros.

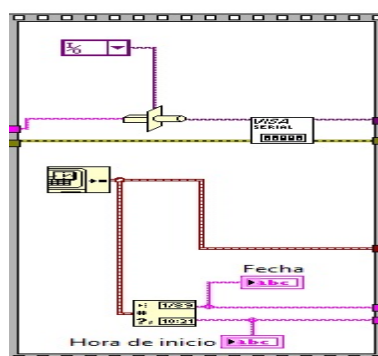


Figura 51: Captura de fecha.

Una vez que todo se encuentre estable y funcionando correctamente, la interfaz empezará a leer el puerto serie del arduino e interpretará los valores enviados para que

el usuario pueda visualizarlos. La interfaz mostrará en la pantalla los datos del tiempo transcurrido del sistema funcionando, la fecha actual y la cantidad de peces o datos que envía el microcontrolador al equipo de cómputo por medio del puerto serial.

Los datos obtenidos serán almacenados, ver figura 52, en una ruta predefinida en el diagrama de bloques.

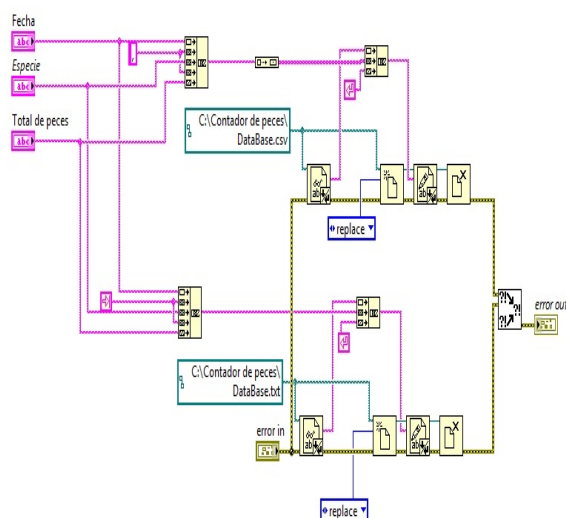


Figura 52: Guardar base de datos.

La función de esta etapa es localizar los archivos con extensión, .csv y .txt, leer la información que contiene y escribir los nuevos obtenidos durante el conteo de peces sin afectar a los datos que ya se tenían anteriormente. Una vez que se escriben los nuevos datos Labview cerrará el archivo de la base de datos y quedará esperando la acción de iniciar o salir de la aplicación.

V.4 Resumen

En este capítulo se logra determinar el algoritmo de programación utilizado en el sistema de contabilización de peces para realizar la completa comunicación con los elementos y el procesamiento de los datos recolectados por los microcontroladores esclavos cuando

el sistema se encuentre en funcionamiento. Se mencionan el método utilizado para la interpretación de los datos enviados al microcontrolador maestro y la visualización de los mismos en la pantalla LCD con una comunicacion I2C.

Por otra parte se describe el algoritmo y ejecutable creado para comunicarnos con el sistema para la contabilización de peces y solicitar los datos obtenidos por el microcontrolador maestro. Una vez realizada la conexión entre el ejecutable y el contador de peces podemos leer los datos en tiempo real y generar una base de datos donde se llevaran a cabo los registros de fechas, especie de pez y cantidad de animales acuáticos contados.

Capítulo VI

Resultados experimentales

Una vez finalizada la construcción del contador de peces se inician las prueba de verificación para tomar datos funcionales. Para el desarrollo de las pruebas experimentales del contador de peces se cuenta con una pecera con las medidas mostradas en la tabla XII.

Lado	Valor(pulgadas)
Altura	15.5
Largo	24
Ancho	11

Tabla XII: Medidas de pecera

Los peces de la especie cebra(ver figura 53)y dorados(ver figura 54) fueron los utilizados para llevar a cabo las pruebas de este proyecto.



Figura 53: Cebritas.

Se introduce el contador de peces dentro de la pecera y se coloca en un punto donde pueda quedar fijo y no interrumpa el flujo de corriente de agua creado por la bomba.



Figura 54: Dorados.

Una vez que los peces comiencen a circular por los ductos del proyecto este iniciara a contabilizarlos mostrando el resultado en la pantalla display o en el equipo de computo si se encuentra coenctado via usb.

A continuación se muestra una tabla donde se llevaron a cabo la recolección de algunos datos de los peces marcados en el display del contador y la cantidad de peces real que se visualiza en la pecera que fueron contados.

Las pruebas fueron realizadas durante diversas horas del día, regularmente por la madrugada y las tarde, con la finalidad de verificar errores. Al momento de observar errores de comparación entre la pantalla de cristal liquido y lo real se regresaba el experimento al incio, es decir, se regresaban los peces al origen y se reiniciaba el contador.

Existen diversos factores que se atribuyen a datos erroneos, por ejemplo:

- Peces demasiado pequeños que no alcanzan a ser detectados.
- La cara inferior del sistema no hace contacto físico completamente con el fondo de la pecera.
- Error de programación en algun microcontrolador tipo esclavo
- La seãl de los sensores no llega correctamente a los microcontroladores.

Fecha	Peces en pantalla LCD	Peces reales contados
27/12/2016 10:06	1	1
27/12/2016 10:40	2	2
27/12/2016 11:28	3	3
27/12/2016 11:33	4	4
27/12/2016 11:51	3	4
27/12/2016 12:17	4	5
29/12/2016 17:22	5	5
29/12/2016 18:03	6	6
31/12/2016 9:11	0	-1
27/12/2016 9:47	3	3
3/1/2017 7:02	1	1
3/1/2017 7:15	4	4
3/1/2017 18:11	2	1
3/1/2017 18:24	2	2
7/1/2017 8:57	0	0
7/1/2017 9:29	2	2
3/1/2017 11:55	4	4
3/1/2017 12:13	5	4

Tabla XIII: Experimento

Una vez realizado los conteos y tomado muestras se reiniciaba el sistema manualmente, retirando el cable de alimentación, e iniciando una nueva tabla de registro.

Capítulo VII

Resumen y conclusiones

En este trabajo de tesis ha sido dirigido a la acuicultura, principalmente enfocada a la crianza de peces. La piscicultura ha tomado gran campo y popularidad durante la última década, haciendo esto la introducción de grandes tecnologías para el monitoreo y cuidado de los animales acuáticos en el área industrial y de investigación. La principal aportación procedente de este trabajo de tesis es la propuesta y construcción de tecnología de bajo costo para la solución del monitoreo y control de la población de peces en criaderos, tecnología que solo se obtiene en el extranjero a un costo elevado. El sistema diseñado es un contador de peces construido con alta tecnología de sensores infrarrojos, microcontroladores para procesar la información, cuenta con una pantalla donde se visualizan los datos recolectados y está construido con una estructura de acrílico capaz de ser introducida a un nivel de agua específico para no dañar los componentes electrónicos. Otro de los elementos introducido en este trabajo es la creación de un programa propio, creado en Labview, para el registro de los datos obtenidos en una base de datos creada en el ordenador del usuario. Una característica importante del programa es que puede ser instalado en cualquier equipo de cómputo con los requerimientos básicos. El contador de peces puede ser construido para el tamaño que el acuicultor requiera utilizando la misma lógica de programación. Con la introducción de este sistema básico de contabilización de peces se pretende mejorar

Bibliografía

- [1] J. PURDUM, JACK, *Beginning C for Arduino* segunda edición, Apress, 2012. *Acuicultura*, Vol. 2, Ediciones Omega, ISBN: 84-282-0868-9.
- [2] M. BEVERIDGE, MALCOM (2004), *Cage Aquaculture*, páginas 1-6,32-40, Blackwell Publishing, ISBN: 1-4051-0842-8.
- [3] TORRENTE ARTERO, OSCAR (2013), *Arduino : Curso practico de formación*, RC Libros, ISBN: 978-607-707-648-3.
- [4] REYEC CORTÉS, FERNANDO; CID MONJARAZ, JAIME (2015), *Arduino. Aplicaciones en Robótica, Mecatrónica e Ingenierías*. Alfaomega Grupo Editor, ISBN: 978-607-622-193-8.
- [5] BARNABÉ, GILBER (1991),
- [6] BARNABÉ, GILBER (1991), *Acuicultura*, Vol. 2, Ediciones Omega, ISBN: 84-282-0868-9.
- [7] PÉREZ G., MIGUEL. ÁLVAREZ A., JUAN. CAMPOS R., JUAN. FERRERO M. FRANCISCO. GRILLO O. GUSTAVO (2008), *Instrumentación electrónica*, páginas 741-746, 405-406, Thomson, ISBN: 978-85-9732-166-2
- [8] LAJARA, JOSÉ. PELEGRÍ, JOSÉ (2011), *LabVIEW: entorno gráfico de programación*, páginas 85-95, 142-150, Alfaomega, ISBN: 978-958-682-827-7
- [9] BISHOP, ROBERT (2009), *LabVIEW 2009 Student Edition*, páginas 172-193, Prentice Hall, ISBN: 978-0-13-214129-1