

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**“CONTROL DE TEMPERATURA Y MONITOREO DE pH DEL
AGUA EN EL
PROCESO DE INCUBACIÓN DE TILAPIAS USANDO PLC”**

Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

Walter Raúl Mendoza Livia

ASESOR: Ing. Julio C. Tafur

Lima, Junio del 2011

RESUMEN

El presente trabajo tiene por finalidad dar el enfoque de una implementación en el Proceso de Incubación de Tilapias.

Conocemos del bajo crecimiento que nuestro país tiene en el área de Acuicultura con respecto a países vecinos como Chile, Colombia y Ecuador. Es por ello que tratamos de impulsar este rubro mediante la combinación de equipos electrónicos para lograr la Automatización de Procesos, obteniendo un índice mayor de producción en la especie tratada, como es la Tilapia Roja.

En el primer capítulo del documento, nos centramos en la actualidad de la especie, el desarrollo que tiene esta en nuestro país, así como el apoyo que el estado brinda para mejorar la producción y la problemática básicamente en el proceso de Incubación de Tilapias. En el capítulo II, hacemos referencia a las técnicas de Acuicultura así como el origen y avances con la rama ingenieril, además de presentar el objeto de estudio.

En el capítulo III, desarrollamos los conceptos teóricos basándonos en los equipos y/o instrumentos que vamos a utilizar para el sistema propuesto. Luego en el siguiente capítulo explicamos cómo es que realizamos la implementación detalladamente, basándonos en el uso de sensores (Temperatura, pH), controlador (PLC-LOGO), y actuador (Calentador, resistencia eléctrica).

Finalmente en el último capítulo analizamos la ejecución del proyecto, definiendo el alcance, costo de implementación y el tiempo que tardaríamos en culminar el proyecto.

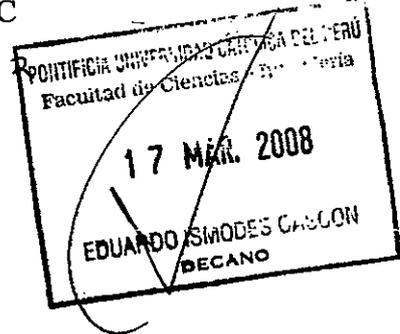
Con esto podemos garantizar una implementación correcta y una mejor producción de la especie Tilapia, en su fase de alevines.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Control de Temperatura y Monitoreo de pH del agua en el Proceso de Incubación de Tilapias usando PLC
Área : Control y Automatización # 31
Asesor : Ing. Julio César Tafur Sotelo
Alumno : Walter Raúl Mendoza Livia
Código : 1999.2094.1.12
Fecha : 07 de Marzo de 2008



Descripción y Objetivos

El bajo crecimiento del desarrollo tecnológico en el área de la acuicultura de nuestro país incentiva a los estudiantes a analizar y proponer ideas con respecto a esta área. Como sabemos, nosotros contamos con una gran variedad de especies marítimas tanto en el litoral como en ríos y lagunas de todo el país; por lo cual se puede afirmar que contamos con la materia prima, pero estamos faltos de tecnología.

Como primer punto para mejorar la producción en una piscigranja, o ya sea un lago o río, se debe tener en cuenta principalmente la calidad del agua donde las especies marítimas habitan, es decir el agua debe cumplir ciertos requisitos como por ejemplo, la temperatura, el nivel de pH, el nivel de oxígeno, etc., deben estar en los rangos óptimos señalados para cada especie acuícola.

Este trabajo de tesis propone conseguir el control de los parámetros del agua en el proceso de incubación de Tilapias, cuyo nombre científico es *Oreochromis spp*, en el Centro Acuicultor de Tambo de Mora ubicado en la localidad de Chincha Baja en el Departamento de Ica, con el fin de reducir la mortalidad de dicha especie en su primera etapa de vida.

Para la reducción de mortalidad de Tilapias en la fase de alevines es necesario que los parámetros del agua de la incubadora estén en rangos permitidos, considerando el parámetro más importante en esta fase la temperatura (que debe estar en 28°C aprox). Además el control de éstos parámetros del agua estará basado en el buen uso o manejo de sensores, los cuales deben ser comunicados con el controlador lógico programable (PLC) con la finalidad de regular el rango óptimo de éstos parámetros. El PLC funciona como un comunicador entre los sensores (entradas) y los actuadores (salidas) del sistema, esto se realiza mediante programación, por lo que se debe contar con personal especializado en este campo. La comunicación del PLC con los actuadores es de manera inmediata, evitando que algún parámetro esté fuera del rango permitido por mucho tiempo. Este control se realizará todo el día durante los días que dure el proceso de incubación con lo cual la eficiencia se verá mejorada respecto a la forma como lo hacen en la actualidad.

En consecuencia se logrará incrementar la producción de ésta especie y a la vez mejorar la calidad del mismo, logrando la satisfacción del consumidor.

U^oB^o

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Control de Temperatura y Monitoreo de pH del agua en el Proceso de Incubación de Tilapias usando PLC

Índice

1. Introducción
2. Condiciones de vida de las Tilapias en la Acuicultura.
3. El proceso de incubación en el Centro Acuicultor de Tambo de Mora y la tecnología operativa actual.
4. Control de Temperatura y Monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de Tilapias usando PLC.
5. Análisis de los resultados obtenidos.

Conclusiones

Recomendaciones

Anexos

Bibliografía



Vº Bº

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

Ing. ANDRÉS FLORES ESPINOZA
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

INDICE

| | |
|--|---|
| RESUMEN | 2 |
| TEMA DE TESIS APROBADO POR EL DECANO | 3 |
| INDICE | 5 |

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

| | |
|---|----|
| I.1.- Actualidad de las especies acuáticas. | 8 |
| I.2.- Desarrollo de acuicultura en Perú y de la especie Tilapia. | 9 |
| I.3.- Apoyo al desarrollo de acuicultura. | 11 |
| I.4.- Declaración de la Problemática | 12 |
| I.5.- Síntesis del asunto de Estudio | 13 |

CAPITULO II: CONDICIONES DE VIDA DE LAS TILAPIAS EN LA ACUICULTURA

| | |
|---|----|
| II.1.- Estado de la Investigación | 14 |
| II.1.1.- Sobre definiciones y alcances de la Acuicultura a nivel Mundial. | 14 |
| II.1.2.- Técnicas en Acuicultura | 17 |
| II.1.3.- Aporte de Ingeniería a la Acuicultura | 18 |
| II.2.- Presentación del Objeto de estudio | 19 |

CAPITULO III: EL PROCESO DE INCUBACIÓN EN EL CENTRO ACUICULTOR DE TAMBO DE MORA Y LA TECNOLOGÍA OPERATIVA ACTUAL

| | |
|---|----|
| III.1.- Proceso de Incubación | 20 |
| III.2.- Conceptualizaciones Generales | 22 |

| | |
|---|----|
| III.2.1.- Sensor de Temperatura | 26 |
| III.2.2.- Instrumentos de Medición pH | 28 |
| III.2.3.- Actuadores | 31 |
| III.2.4.- Controlador | 33 |

CAPITULO IV: CONTROL DE TEMPERATURA Y MONITOREO DE pH DEL

AGUA EN EL PROCESO DE INCUBACIÓN DE TILAPIAS USANDO PLC

| | |
|--|----|
| IV.1.- Parámetros del agua a utilizar | 40 |
| IV.1.1.- Temperatura | 40 |
| IV.1.2.- pH | 45 |
| IV.2.- Multiplexación de señales analógicas | 51 |
| IV.3.- Conversión análogo-digital | 53 |
| IV.4.- Acondicionamiento de señal | 56 |
| IV.5.- Etapa de control | 59 |
| III.5.1.- Control dos posiciones | 60 |
| III.5.2.- Controlador a utilizar | 62 |
| IV.6.- Actuadores | |
| IV.6.1.- Calentador | 64 |
| IV.6.2.- Visualización de salidas del controlador | 67 |
| IV.7.- Ubicación de los sensores y actuadores en la Incubadora | 68 |
| IV.8.- Diagrama de Bloques y Esquemático del sistema completo | 70 |

CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

| | |
|--|----|
| IV.1.- Alcance del proyecto | 76 |
| IV.2.- Costo de Implementación | 78 |
| IV.3.- Cronograma del Proyecto | 83 |
| | |
| CONCLUSIONES | 85 |
| | |
| RECOMENDACIONES | 87 |
| | |
| ANEXO A | |
| A.1.- Programa en Ladder del Proceso. | 89 |
| A.2.- Hoja de Datos | |
| A.2.1.- LM35 (Sensor de Temperatura) | |
| A.2.2.- Electrodo HI1230B (Medidor de pH) | |
| A.2.3.- ICL 7612DC (Amplificador CMOS) | |
| A.2.4.- LM358 (Amplificador Operacional) | |
| A.2.5.- MC14066B (Multiplexor) | |
| A.2.6.- ADC0804 (Convertor Análogo-Digital) | |
| A.2.7.- MOC3041 (Optoaislador) | |
| A.2.8.- BTA08 (Triac) | |
| A.2.9.- Manual PLC LOGO | |
| A.2.10.- 2N2222 & 2N2905 (Transistor NPN y PNP) | |
| A.2.11.- LM7805 & LM7905 (Regulador de voltajes) | |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 98 |

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

I.1.- Actualidad de las especies acuáticas.

En la actualidad el suministro de las especies acuáticas del mar y de aguas continentales se encuentran con una elevada demanda debido al consumo en gran cantidad de la población; una respuesta rápida a esta situación se realiza con el desarrollo de la acuicultura, que no es más el cultivo controlado y la cosecha de animales acuáticos. Éste desarrollo se puede aplicar tanto a aguas oceánicas como continentales; en diferentes partes del mundo se practica la acuicultura, obteniéndose importantes resultados en la producción de la especie tratada.

En nuestro país contamos con las condiciones necesarias para realizar un buen desarrollo de la acuicultura refiriéndose al litoral marítimo, también la cantidad de ríos y lagunas en las diferentes regiones, todo esto aunado a la variedad de clima que se presenta. Son éstas las razones por la cual existen infinitas especies acuáticas en nuestro país, lo cual se debe aprovechar al máximo.

En general los peces de agua continental vienen incrementando su demanda en el mercado mundial, con ello la exigencia de obtener buena calidad es mayor.

En nuestro país se ha incursionado una nueva especie de aguas continentales, se trata de la Tilapia, la cual presenta un alto índice de consumo en el mercado americano, también en otros países; pero lo que nos favorece es que ésta especie es apta para las condiciones climatológicas con que contamos, además su proliferación es bastante rápida, pudiéndose obtener gran producción con la automatización de procesos en el desarrollo de la especie.

I.2.- Desarrollo de acuicultura en Perú y de la especie Tilapia.

En nuestro país existe una entidad nacional encargada de promover, impulsar y fomentar el desarrollo de la pesca, tanto de aguas marítimas como aguas continentales, llamada FONDEPES (Fondo de Desarrollo Pesquero). Esta entidad es un anexo del Ministerio de la Producción, PRODUCE, vale decir que trabajan conjuntamente con la finalidad de orientar a pequeños y medianos empresarios, a obtener un buen desarrollo de producción de pesca, sin fines lucrativos.

En la actualidad FONDEPES tiene varios centros acuicultores en diferentes puntos del país, cada uno de éstos dedicados para especies exclusivas dependiendo de las características del hábitat de cada especie; con lo cual el centro acuicultor de Tambo de Mora, ubicado en la región de Cañete, exactamente en Chincha Baja, se dedica a la producción de alevines de Tilapia, para suministrarlo a los pequeños criaderos del perímetro de la zona.

Se tienen objetivos inmediatos tal como producir la mayor cantidad de alevines de un tamaño adecuado para la venta a los criaderos, en promedio 2 ó 3 cm., que puedan resistir la cadena completa de crecimiento de esta especie. Se estima que existen 30 criaderos aledaños al centro acuicultor de Tambo de Mora, y en toda la región de Chincha se calcula un total de 60 criaderos, lo cual nos indica que a mayor demanda se necesita mayor producción.

A la fecha, Julio 2007, dicho centro acuicultor produce aproximadamente 100 000 alevines mensuales. Es de saber que después de la etapa de alevín, se debe esperar unos seis u ocho meses para el consumo del público en general. [3]

Debido a que esta especie Tilapia Roja, es nueva en nuestro territorio, es decir recién se está prestando atención a su crianza, no se tienen buenos reproductores para realizar la cadena completa, vale decir larvas, alevines, luego peces hasta que tengan el tamaño y peso necesario para la venta. Es por ello que aún se realiza la importación de reproductores y reproductoras del mercado colombiano, llamémosle así a la tilapias macho y hembra respectivamente.

El desarrollo de esta especie en países sud-americanos como Colombia y Brasil está en un nivel muy avanzado, además de Ecuador que muestra su crecimiento en las exportaciones de Tilapia hacia el mercado americano (E.E.U.U.), por lo que nos fuerza a obtener un rápido y mejor desarrollo.

Éste desarrollo tiene que estar muy bien orientado hacia los objetivos que se pretenden cumplir, por eso se debe de tener en cuenta las experiencias vividas, y siempre estar al día con la tecnología que se requiera. Por ello, el centro acuicultor Tambo de Mora, no está ajeno al desarrollo tecnológico, aunque si se encuentra des-actualizado, esto debido a que los equipos de medición que se utilizan son todos importados y una vez que éstos presentan algún desperfecto deben ser re-enviados al lugar de procedencia para que los mismos fabricantes puedan solucionar el problema, así mismo estos servicios requieren un costo elevado, desde la supervisión de los equipos hasta los gastos de envío de los mismos; es por esta razón que se opta por no reparar equipos averiados.

Los equipos que se encuentran en el centro acuicultor son: Medidor de pH, termómetro, medidor de Oxígeno Disuelto, también tienen un Microscopio para evaluar el crecimiento de los alevines. Se tienen las herramientas básicas para realizar las mediciones necesarias, además de tener un personal capacitado en el área que en base

a su experiencia tiene una muy buena aproximación del parámetro que se desee medir; dicho personal debe estar trabajando las 24 horas del día, debido a que las mediciones de los parámetros del agua se deben realizar aproximadamente cada 3 u 4 horas.

Lo que se busca es una producción de alevines en forma intensiva, es decir obtener mayor producción con fines comerciales para el abastecimiento de los criaderos aledaños al centro acuicultor; para ello se requiere un monitoreo y control constante de los parámetros del agua.

I.3.- Apoyo al desarrollo de acuicultura.

El financiamiento que el estado peruano ofrece anualmente, mediante el Ministerio de la Producción al sector pesca, en este caso a la entidad FONDEPES, es muy escaso para tener un realce importante, por lo que se buscan apoyos de inversionistas extranjeros.

También es sabido que cada uno de los centros acuicultores del país cuenta con sus recursos propios de la comercialización de las especies que se cultivan, por ejemplo Tilapias en Tambo de Mora, Chincha (Ica), Conchas de Abanico en La Arena, Casma (Chimbote) y Gamitana en Nuevo Horizonte (Loreto). Siendo aún estos ingresos insuficientes para el cambio tecnológico que se pretende.

Entonces la cantidad de dinero disponible para cada uno de los centros acuicultores, no es suficiente para cumplir con el plan de desarrollo que se ha propuesto FONDEPES, la cual es incrementar la producción de las especies que se desarrollan, llámense Tilapias, Conchas de abanico, Gamitana, entre otros; además es de saber que para lograr un buen desarrollo se debe empezar por la innovación y adquisición de equipos tecnológicos,

además de personal capacitado en las áreas que involucran en conjunto la mejora del centro acuicultor.

I.4.- Declaración de la Problemática

La problemática está basada en la falta de equipamiento tecnológico para realizar las distintas mediciones y control tales como temperatura, pH, oxígeno disuelto y amonio; los cuales son los parámetros más importantes del agua, que fuera de sus rangos permitidos afectan al desarrollo adecuado de vida de la especie Tilapia. También se requieren equipos electro-mecánicos que puedan corregir esas variaciones de los parámetros, tales como termistores, válvulas y/o agitadores.

Además de la ineficiencia de estar realizando mediciones varias veces al día, ya que no se puede predecir en qué momento pueda ocurrir alguna variación de algún parámetro, por más experiencia que se tenga.

Definitivamente con el uso adecuado de los instrumentos y equipos de control se resuelve la problemática antes mencionada, logrando obtener mejores resultados que los que se tienen en la actualidad. Un controlador permite realizar constantemente las mediciones de los parámetros del agua, simulando el trabajo que realiza la persona encargada en el centro acuicultor; esto no justifica que el centro acuicultor no requiera de personal, es más debe de capacitar a sus trabajadores para el buen uso de los equipos a utilizar.

I.5.- Síntesis del asunto de Estudio

La acuicultura es una actividad que tiene un gran potencial de desarrollo, por los recursos y la diversidad de ambientes con que se cuenta en nuestro país. Se tienen muchas proyecciones para el crecimiento de esta actividad, por lo cual debemos buscar tecnificar la producción de estas especies de aguas continentales, en particular la que estamos tratando, tilapias; pero como todos sabemos la acuicultura no solo se desarrollara con el estudio de un campo o una materia específica, sino que se deben tener estudios científicos, vale decir en las áreas de: Biología, Química, Bioquímica y Nutrición, Biotecnología e Ingeniería.

El Estado debe ser el encargado de incentivar la acuicultura en nuestro país, y debe tener un seguimiento de la problemática en ésta área; es la forma como otros países han desarrollado su producción en la acuicultura. Se debe señalar que para mejorar la producción de cualquier especie acuícola, en el océano, en el lago o en un río, se debe tener en cuenta principalmente la calidad del agua donde éstas especies habitan, es decir el agua cuyos parámetros como por ejemplo, la temperatura, el nivel de pH, el nivel de oxígeno, etc., deben estar en los rangos óptimos señalados para cada especie acuícola.

Finalmente se debe mencionar que la acuicultura en especies de aguas continentales está creciendo enormemente, antes solo se conocía la especie de familia Salmonidae, conocido como Trucha, pero ahora otras especies están incrementándose en el consumo, por lo pronto artesanal, lo cual es un buen índice que esta área está en proceso de desarrollo; por ello solo depende de nosotros los estudiantes lo que podamos hacer con nuestros recursos acuáticos.

CAPITULO II: CONDICIONES DE VIDA DE LAS TILAPIAS EN LA ACUICULTURA

II.1.- Estado de la Investigación

II.1.1.- Sobre definiciones y alcances de la Acuicultura a nivel Mundial

La Acuicultura se define generalmente como la intervención del hombre en una o varias de las fases de vida de los organismos que viven en el agua, con la finalidad de aumentar y mejorar su producción. Los primeros indicios de practicar la acuicultura datan de hace unos 2500 años atrás en Asia, y se dice que la primera publicación de ésta materia la realizó Fan Li, allá por el año 475 A.C.

En América esta actividad surge por primera vez en Estados Unidos en 1853 y el primer manual de cultivo de peces de éste país apareció en 1857. En nuestro país se sabe que la práctica de acuicultura en pesca marítima y continental, se originó en la época de los incas, siendo una actividad muy desarrollada en el imperio, pues era una gran fuente de alimentación.

Se tiene conocimiento de dos formas para realizar acuicultura, extensiva e intensiva, mostramos en el Tabla N°1, las diferencias entre ellos.

Tabla N°1: COMPARACIÓN ENTRE ACUICULTURA EXTENSIVA E INTENSIVA

| | Extensiva | Intensiva |
|-------------------|--|---|
| Objetivo | Producción con fines sociales | Producción comercial de las especies |
| Agua | Volumen no controlado | Volumen controlado |
| Especies | Seleccionadas con fines sociales. Se utilizaban poblaciones naturales | Seleccionadas con fines comerciales |
| Alimento | No controlado. Natural | Controlado. Abonos |
| Predadores | No se eliminan artificialmente | Se eliminan artificialmente |
| Producción | Baja, por unidad de superficie cultivada | Elevada, por unidad de superficie cultivada |

Fuente: Beltrán (1997)

Entonces debemos centrar el enfoque en la práctica de acuicultura intensiva, por ser ésta la que nos da mayores beneficios como las que mencionamos a continuación:

- Genera divisas
- Puede emplear terrenos catalogados de inútiles para la agricultura
- Su potencial es enorme en ambientes acuáticos que aún no han sido explotados por el hombre.

Aparte de estas características, esta actividad cumple un rol fundamental en otros aspectos como por ejemplo:

- La rápida proliferación de la especie que se trate.
- El repoblamiento de las especies acuáticas. Ésta es una función que le compete al estado; ya que éste debe incentivar y/o promover la actividad de acuicultura a nivel nacional, buscando pequeños o medianos empresarios.

Muchos empresarios le restan importancia a la acuicultura y consideran que aparte de contar con regulaciones que le permitan el rápido acceso al área ó terreno deseable para sus cultivos, el resto es simplemente invertir en la especie y criar sin considerar su desarrollo de las mismas. Pero definitivamente están equivocados, ya que la acuicultura no solo es una inversión de dinero, sino que el “Éxito de la Acuicultura descansa en sólidos conocimientos Científicos”.

Estos conocimientos deben ser tomados en cuenta en forma continua, para lograr un desarrollo acorde con los avances científicos. Ahora se mencionaran las áreas que apoyan estos conocimientos científicos:

- Biología: Fisiología, Ecología, Patología.
- Química: Contaminantes, Calidad del agua.
- Bioquímica y Nutrición
- Biotecnología
- Ingeniería: Técnicas hidráulicas, Sistemas de cultivo, Cálculos de producción.

Como es de saber, en todos los países donde la acuicultura se ha desarrollado en forma exitosa es porque el ‘estado’ mantiene una o varias instituciones científicas que permanentemente están investigando los problemas que se presentan en los cultivos ó investigando nuevas líneas genéticas a la resistencia de enfermedades, o para obtener especies de rápido crecimiento, o buscando nuevas tecnologías para que los cultivos sean altamente rentables. Por eso, esto que es aplicado en otros países y se ha podido desarrollar en forma exitosa, se tendría que aplicar también en nuestro país, con el apoyo del ESTADO.

Cabe mencionar que el poco desarrollo de la acuicultura en productores particulares dentro del país se debe a la falta de un aprovisionamiento regular y constante de

alevines e insumos, especialmente alimentos, también a la carencia de recursos financieros, al retraso tecnológico y a la falta de capacitación adecuada.

II.1.2.- Técnicas en Acuicultura

El verdadero avance científico y tecnológico de la acuicultura data sólo de 4 décadas atrás, pero gran parte de estos conocimientos están restringidos a algunas especies comerciales, por lo que el panorama que hay por investigar es muy amplio, considerando las numerosas especies que podrían ser potencialmente cultivadas.

Éstos avances tecnológicos están dados en países desarrollados industrialmente, siendo por ejemplo Japón uno de los países que ha tecnificado su producción de especies en acuicultura; y sin irnos muy lejos países vecinos como Chile, Colombia y Ecuador están desarrollando la acuicultura acompañada de tecnología para tener mayores producciones.

Entonces lo que debemos buscar es llegar a estar en competencia con los países de mayor producción de especies acuáticas. Como ya sabemos en nuestro país el desarrollo de la crianza de estas especies ha permitido establecer como método más apropiado la crianza intensiva, bajo la modalidad de un solo cultivo, empleándose solo dos sistemas:

- El Cultivo en Estanques: La infraestructura que utiliza es relativamente cara, ya que requiere instalaciones de material noble.
- El Cultivo en Jaulas: Son flotantes y requieren básicamente de una estructura rígida fijada en base a cabos, lastres y flotadores.

II.1.3.- Aporte de Ingeniería a la Acuicultura

Si bien esta información no está muy difundida, se sabe que muchas industrias del ámbito internacional utilizan las técnicas ingenieriles para incrementar la producción en la acuicultura intensiva. También es conocido que algunos países donde el aporte de la ingeniería en acuicultura es fundamental, se realizan estudios a nivel universitario, como por ejemplo la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso de Chile, que tiene facultades como la de Recursos Naturales, la cual tiene la escuela de Ciencias de Mar, en ella especializan a los profesionales sobre la crianza y mejor tipo de vida de los animales del mar.

En nuestro país es escasa la intervención de la ingeniería en procesos de producción de especies acuáticas, pero desde hace poco se viene incrementando el interés por desarrollar y crecer con los recursos con que se cuentan. Esto se hace notorio en el interés que existe de los jóvenes en estudiar Ingeniería Pesquera en algunas universidades del país.

Básicamente para un buen manejo del cultivo intensivo, es decir para incrementar el nivel de producción y reducir la tasa de mortalidad de las especies acuícolas, se debe tener como principal objetivo el control del agua donde los alevines se desarrollan, ya que el agua es la fuente de vida de éstos.

Lo que se necesita es integrar los conocimientos tanto de Ingeniería como de Acuicultura, conociendo y/o capacitando a los interesados en el progreso de esta área, para poder aprovechar al máximo el cultivo intensivo.

II.2.- Presentación del Objeto de Estudio

El bajo desarrollo tecnológico en el área de la acuicultura de nuestro país incentiva a los estudiantes a analizar y proponer ideas, las cuales con un apoyo económico y/o un financiamiento, pueden realizar mejoras en ésta área. Como sabemos, nosotros contamos con una gran variedad de especies marítimas tanto en el litoral como en ríos y lagunas de todo el país, por lo cual se puede afirmar que contamos con la materia prima; esto nos distingue del resto de países sud-americanos, pero estamos atrasados tecnológicamente por lo que no podemos aprovechar al máximo los recursos con los que contamos.

En esta presentación se va a tratar específicamente el caso de una especie llamada Tilapia, cuyo nombre científico es *Oreochromis spp.* La aparición de esta especie en nuestro país se remonta a mediados de los años sesenta; se dice que esta especie tuvo su origen en África. [3]

El hábitat de las Tilapias es en ríos, por ello el cultivo controlado de esta especie pertenece al tipo de Acuicultura Continental. [10]

Un desarrollo tecnológico adecuado en esta área incrementaría la producción de esta especie, y elevaría el consumo de las mismas, con lo cual se mejora la actividad comercial en beneficio de consumidores y productores.

Cabe mencionar que dentro de Acuicultura Continental existen varias especies, que también están siendo cultivadas y aprovechadas por el ser humano, pero la que mejor se presta para un crecimiento rápido y de muy buena calidad es justamente la especie tratada, la tilapia roja.

**CAPITULO III: EL PROCESO DE INCUBACIÓN EN EL CENTRO
ACUICULTOR DE TAMBO DE MORA Y LA TECNOLOGÍA OPERATIVA
ACTUAL**

III.1.- Proceso de Incubación

El proceso de Incubación de las Tilapias se inicia una vez extraídos los huevos de la boca de la Tilapia hembra, los cuales son llevados a este proceso de Incubación para darle el cuidado respectivo así como también para que eclosionen y poder obtener la mayor cantidad de larvas posibles. Cabe resaltar que los huevos de la Tilapia hembra pueden eclosionar en su mismo hábitat, pero no es seguro que la totalidad de huevos se conviertan en larvas debido a las condiciones de temperatura que se requieren, además que las mismas Tilapias tanto hembras como machos se pueden comer algunos huevos.

Este proceso de Incubación consiste en tener un recipiente pequeño, de medida estándar 40cm x 25cm x 8cm, llamada Incubadora, donde se requiere un flujo constante de agua evitando que los huevos se empocen en un solo lugar y dándole un poco de movimiento a éstos. A continuación podemos observar en las figuras 1 y 2 el proceso de Incubación de Tilapias en el centro acuicultor Tambo de Mora.



Figura 1: Proceso de Incubación de Tilapias, utilizado en el Centro Acuicultor Tambo de Mora (Chincha Baja - Ica).



Figura 2: Se muestra la cantidad de huevos de Tilapia, a punto de eclosionar y convertirse en larvas.

El parámetro más crítico en este proceso es la temperatura, ya que si dentro del proceso se detectan niveles de temperatura menores a 18°C es posible que algunos huevos tiendan a honguearse, corriendo el riesgo de contagiar el resto, y por consiguiente perder toda la producción dentro de la Incubadora. En el caso del valor de pH si la medida de este parámetro se encuentra por encima de 8 no ocasiona problema alguno, pero si este valor cae por debajo de 7 se dice que la sustancia, en este caso el agua, es “ácida”, ocasionando de esta forma mortalidad de los alevines dentro de la Incubadora.

Por ello es necesario realizar mediciones constantes de los parámetros del agua, sin embargo por experiencia del centro acuicultor Tambo de Mora y criaderos artesanales esta se realiza solo tres veces al día. Las razones por las cuales sucede esto son:

- Las variables (Temperatura, pH) tienen una variación temporal lenta por características propias de éstas.
- La experiencia enseña al productor a darse cuenta cuando sucede una variación en algún parámetro.

III.2.- Conceptualizaciones Generales

La primera definición a desarrollar es acerca de la especie con la cual vamos a trabajar, la cual llamamos Tilapia Roja. Según un experto y conocedor de la especie, Luis Castillo Campo (2001), él cual dice que las Tilapias son peces endémicos; vale decir originarios del África y el Cercano Oriente, entonces son en éstas regiones en donde se inicia la investigación a comienzos del siglo XIX.

Se dice que este nombre peculiar, Tilapia, fue empleado por primera vez a ya por los años de 1840; éste nombre tiene su significado en el vocablo africano el cual significa “Pez”, derivado de la palabra “Thlapi”.

El nombre científico con el cual es reconocido esta especie es “*Oreochromis spp*”, pero en la actualidad existen diferentes nombres científicos, esto debido al cruce de especies que se dieron con el pasar de los años. Éste pez es un híbrido rojo que posee óptimas características para el cultivo y consumo; esto posibilita que la producción de ésta especie se realice en cantidades inimaginables, dependiendo del buen manejo que se realice en sus ciclos de vida.[5]

Con el pasar de los años éste híbrido se fue expandiendo en diferentes partes de Europa y Norte América, permitiéndose desarrollar con ciertas ventajas respecto a otras especies; éstas ventajas son tales como, alto porcentaje de masa muscular, filete grande, ausencia de espinas intramusculares, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente, resistencia de enfermedades, excelente textura de carnes y una coloración de muy buena aceptación en el mercado.

El hábitat de la Tilapia esta en las aguas Continentales, es decir en ríos y lagunas, y además se acomoda mejor en ambientes donde la temperatura oscila entre 25 y 30°C, obviamente eso depende de la etapa de vida en la que se encuentren. Además se sabe que las Tilapias tienen una tendencia hacia hábitos alimenticios omnívoros, también aceptan fácilmente alimentos elaborados artificialmente y soportan amplios rangos de salinidad.

Las Tilapias hembra incuban los huevos en su boca, durante todo este tiempo estas no se alimentan, quedando después de este proceso de incubación muy débiles, y les cuesta

aproximadamente 6 meses para reponerse. Durante este proceso de incubación natural los machos permanecen en el área de nidación, delimitando y protegiendo su territorio. Para tener mejor cuidado de ésta especie en cada una de las etapas de crecimiento, y a la vez una producción aceptable, se realiza el Cultivo en Estanques; el factor más importante en este tipo de cultivo es la calidad del agua, el cual es el hábitat de las tilapias. Entonces sabiendo de la importancia que tiene la calidad del agua, los parámetros que posee ésta deben estar dentro del rango óptimo para la vida de las Tilapias:

- **Temperatura:** Se recomienda de 25°C a 32°C, una temperatura menor a los 18°C puede causar anomalías en su ciclo de vida.
- **pH:** Indica el grado de acidez y la alcalinidad del agua, el rango permitido es entre 6.5 y 8.5
- **Oxígeno Disuelto:** Es importante en la respiración de los peces dentro del estanque, se sabe que cuando falta oxígeno en el estanque los peces están en la superficie y sacan la boca de rato en rato para oxigenarse del medio ambiente.
- **Amonio:** Mide el grado de contaminación del estanque.

No todos los peces están en un mismo estanque, éstos son separados por etapas de vida, siendo la etapa más crítica y donde se produce el mayor índice de mortalidad, la etapa pre y pos natal, hacemos referencia al proceso de Incubación.

Debemos indicar que en la actualidad, los centros de cultivo utilizan el proceso de incubación artificial, llamado así porque sacan los huevos de su hábitat, es decir los huevos son llevados desde la boca de la tilapia hembra hacia un recipiente llamado Incubadora, existiendo de esta forma la intervención del ser humano para mejorar la

producción de la especie. Es en este proceso que los huevos permanecen de 7 a 8 días hasta que se convierten en larvas ó pequeños alevines.

Cabe resaltar que en esta etapa se debe tener sumo cuidado con los parámetros del agua, ya que variaciones no deseadas pueden causar la perdida de todos los huevos en la incubadora. Por ejemplo con temperaturas menores a los 18°C algunos huevos se pueden honguear, pudiendo contagiar al resto y terminando con la totalidad de huevos.

Se aproxima que con éste proceso de Incubación Artificial existe un 70% de sobrevivencia, ya que en el método natural ósea que permanezcan en la boca de la hembra las pérdidas son debidas a daños físicos causado al corion de los huevos y/o por contaminación bacterial obteniendo cantidades menores de alevines.

Por ello para evitar que las variaciones de los parámetros del agua sean muy notorias se deben utilizar instrumentos de medición que nos puedan indicar con precisión el valor medido exacto, a la vez que estas mediciones se deben realizar constantemente, para obtener un mejor control.

A continuación mencionaremos algunos posibles sensores, equipos de medición y actuadores a utilizar para cada parámetro que deseamos controlar, además de posibles controladores:

III.2.1.- Sensor de Temperatura

Existen diferentes tipos de instrumento para medir temperatura, como por ejemplo:

- RTD (Sensores de Temperatura resistivos), dentro de ellos encontramos el Pt-100.
- Termómetros de Vidrio, es un indicador del valor de temperatura.
- Termómetro Bimetálico, se puede utilizar como un interruptor.
- Sensores de Temperatura en Circuito Integrado.

Describimos el funcionamiento de dos tipos de sensores de temperatura, los cuales pueden ser utilizados en el sistema que vamos a implementar.

1) Termómetro Bimetálico

Éste sensor se construye por medio de la unión de dos cintas de diferentes metales, las cuales poseen diferentes coeficientes de expansión térmica; entonces es ésta diferencia de coeficientes sumada al calentamiento de toda la cinta las que originan la mayor expansión longitudinal. La extensión del doblamiento es proporcional al cambio de temperatura.

Si un extremo de la cinta está sujeto firmemente mientras el otro está libre, la magnitud del doblamiento se puede emplear para indicar el cambio de temperatura; esto se puede lograr uniendo un transductor de posición al extremo libre de la cinta y calibrar su desplazamiento de acuerdo con los cambios de temperatura.

La ventaja de este instrumento es que puede ser empleado como interruptor, utilizando los movimientos de la cinta para activar o desactivar equipos.

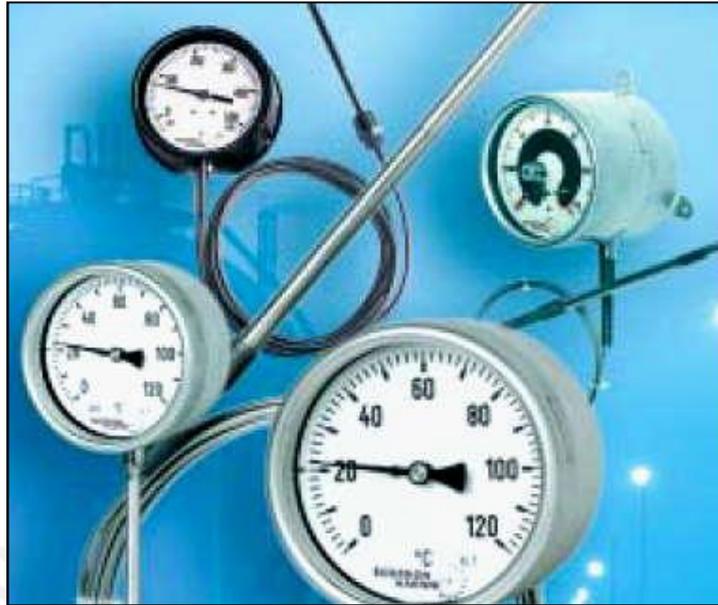


Figura 3: Termómetros bimetálicos con indicador, para leer el valor de temperatura.

2) Sensor de Temperatura en C.I.

Tiene una gran ventaja respecto a los demás, obviamente para el uso que se pretende dar, que es sensor la temperatura en el proceso de incubación. Algunas ventajas son: el tamaño del circuito integrado, el costo moderado, y la mejor ventaja es que se puede diseñar su rango de operación para valores de tensión que un controlador estándar pueda manejar.

El más conocido sensor de temperatura en circuito integrado es el LM35, el cual tiene una salida de voltaje en mV, de acuerdo a la medición de temperatura que se realice; sabemos además que la salida es lineal con respecto a los valores de temperatura sensados, teniendo una relación de 10 mV/°C.

Pero este dispositivo no funciona directamente, ya que como se menciona en el párrafo anterior, su salida se muestra en el orden de mV (mili-Voltios), por lo que se necesita de un circuito amplificador, para poder obtener valores estándar de voltaje, como por ejemplo 0-5V.

Además se debe considerar que el sensor será sumergido al agua mediante un dispositivo encapsulado, cubriéndolo por completo evitando que se pueda mojar, y posteriormente dañar. Con este dispositivo el sensor puede estar sumergido todo el tiempo, trabajando de la misma manera como si estuviera en el ambiente.

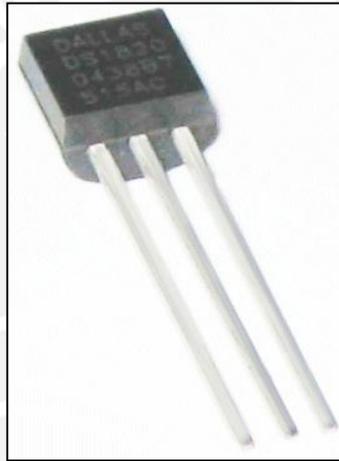


Figura 4: Dispositivo electrónico que sensa el valor de temperatura, a su salida obtenemos señal ya sea en voltaje ó corriente.

III.2.2.- Instrumentos de medición pH

Existen diferentes empresas que fabrican equipos para la medición de pH, una empresa importante es Mettler-Toledo, los cuales son especialistas en instrumentos y equipos de laboratorio, también hay otras empresas tal como Hanna Instruments, que brinda más

alternativas para medir la variable pH. Otros equipos de medición no solo miden pH sino también conductividad, temperatura y/o algún otro parámetro más.

1. pHmetro

El trabajo de este equipo es indicarnos el grado de alcalinidad del agua en el reservorio que se desea medir. Las soluciones con valores de pH por debajo de 7 se denominan ácidas, y aquellas que tengan un valor mayor a 7 se denominan básicas o alcalinas, mientras que un valor de pH de 7 se considera neutro. Se dice que el agua en los reservorios es más productiva cuando presenta niveles de pH cercanos al neutro.

En estos equipos también es posible mostrar el valor medido de pH en unidades de voltaje (0 – 5V).

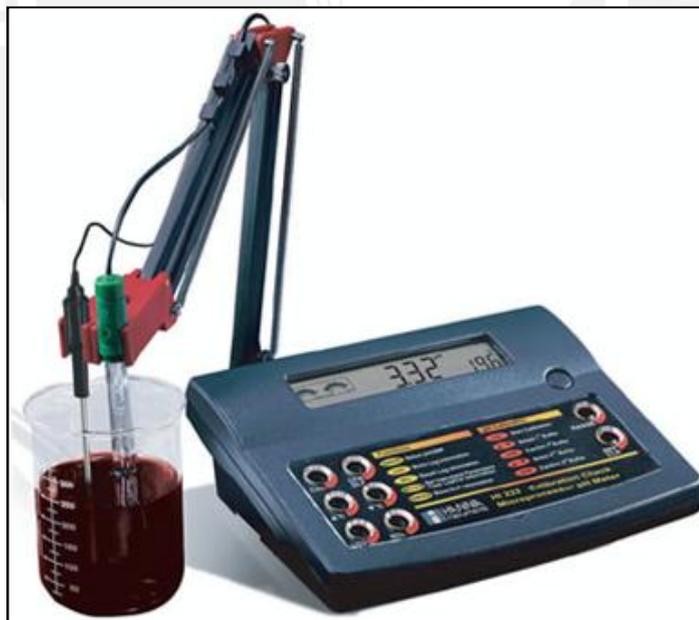


Figura 5: pHmetro, equipo electrónico que se utiliza para medir los valores de pH de cualquier sustancia, además nos indica temperatura.

2. Electrodo de pH

Este instrumento nos permita tener valores de las medidas de pH en rangos ya sea de voltaje o corriente; un gran inconveniente es que estos electrodos no son lineales, pero se puede aproximar a un rango lineal, reduciendo el rango de valores de pH

El electrodo de pH es sumergido en el recipiente de agua que se desea realizar la medición, además funcionan con una batería recambiable, que ayuda a darle mayor duración de vida a las pilas utilizadas.

El rango de valores que nos brinda este instrumento esta en el orden de los mili voltios (mV), por lo que se requiere de una amplificación para llegar a un rango de 0-5V, el cual ya puede ser trabajado por un controlador.

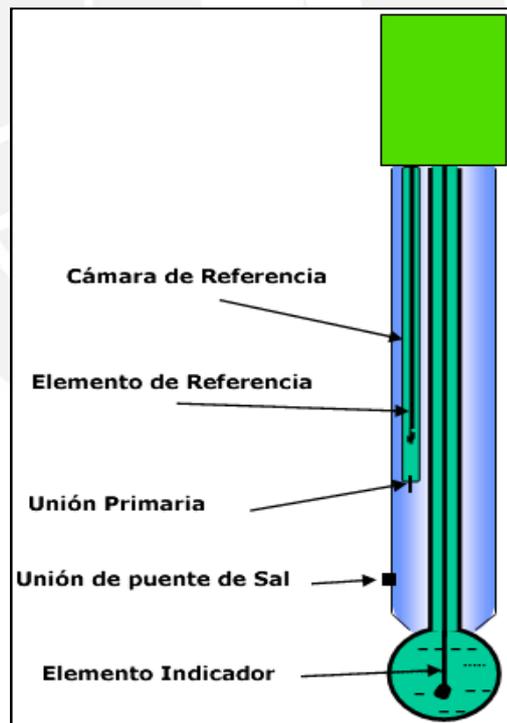
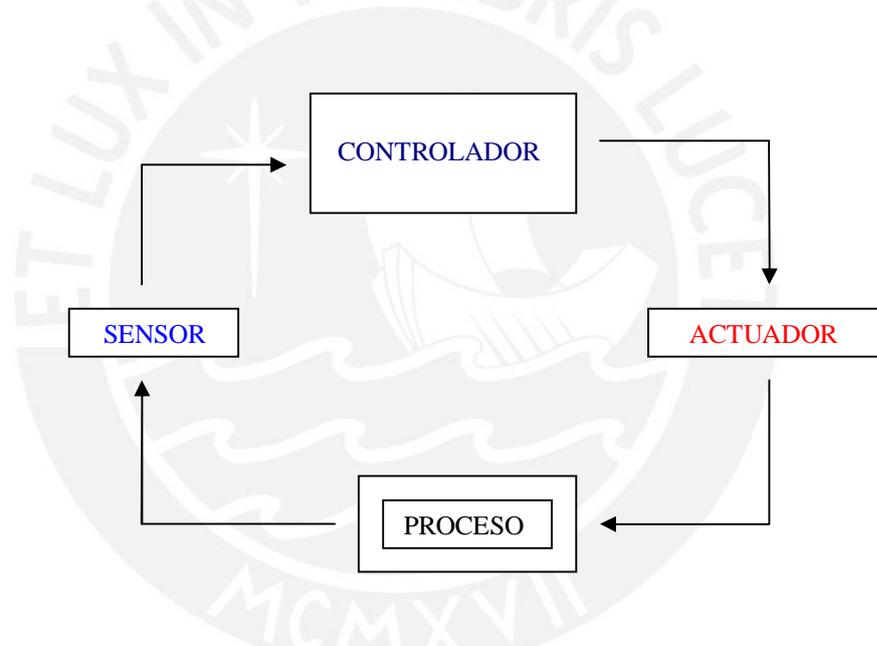


Figura 6: Partes de un electrodo de pH, el cual nos indica el grado de pH en valores de voltaje (mV).

III.2.3.- Actuadores

En el Esquema 1, observamos en diagrama de bloques el proceso realimentado; en primer lugar se tiene la etapa de sensores, los cuales nos dan las señales medidas directamente del proceso, estos valores son manejados por el controlador para que este pueda tomar una decisión de acuerdo a ciertas condiciones que deben de cumplir las variables medidas. Posteriormente el controlador envía señales al actuador para que este modifique las variables del proceso, mejorando o corrigiendo alguna variación de estas.



Esquema 1: Diagrama de bloques, interpreta la realimentación del lazo de control para las variables que se desea monitorear y/o controlar.

Un ejemplo de actuador es la resistencia eléctrica o llamada Calentador, utilizada para elevar la temperatura del agua en el reservorio donde se encuentre esta, debido a una previa disminución de temperatura. Este actuador permite un fácil manejo ya que se le pueden dar señales en corriente ó voltaje que activen dicho Calentador, de esta manera su funcionamiento puede ser controlado automáticamente.

También es posible usar un agitador para permitir que haya movimiento en el reservorio incrementando así el nivel de Oxígeno, este actuador funciona también con señales analógicas que pueden ser corriente o voltaje. Esto es una gran ventaja porque permite ser manejadas por un controlador.

A continuación vemos los actuadores antes mencionados, en la Figura 7 tenemos el calentador, y en la Figura 8 el agitador.



Figura 7: Calentador convencional para Acuario, de aproximadamente 10 cm.

Consumo 25 Watts. (www.elpezgordo.com/tienda)



Figura 8: Agitador eléctrico, utilizado para mezclar líquidos. También para incrementar el Nivel de Oxígeno del agua. (www.aquamarket.com/sql)

Entonces tenemos definidos los sensores y/o instrumentos de medición de los parámetros del agua, así como los dispositivos que actúan para corregir las respectivas variaciones; estas etapas deben estar enlazadas como mencionamos anteriormente por un Controlador, que es el que otorga la inteligencia al sistema.

III.2.4.- Controlador

Hay varias alternativas para elegir el equipo o dispositivo electrónico encargado de realizar algoritmos de supervisión y control de los parámetros del agua, la primera y más económica es un micro-controlador, pudiendo escoger un PIC (Peripheral Interface Controller), Controlador de Interfaz Periférico. El inconveniente del uso del PIC es la poca robustez para el manejo de corriente, es decir solo soporta corrientes del orden de los mili-amperios. También se debe acondicionar una tarjeta de comunicación para enlazar el PIC con una PC, además de utilizar el software MPLAB para la programación.

Otra posibilidad y más moderna es el controlador DCS (Distributed Control System); es decir sistema de control distribuido. La gran desventaja de este controlador es el precio, debido a que es un dispositivo más completo y de mayor velocidad de respuesta.

La alternativa más confiable y de características básicas y necesarias para el proceso que deseamos controlar es el PLC (Program Logic Control); que significa Programador Lógico Controlable. Tiene el funcionamiento principal similar al micro-controlador, con la diferencia que es el más usado en el campo de la industria, y de mejores ventajas para nuestros propósitos, así como la facilidad para realizar la programación.

Algunas definiciones de distintos autores en base al término PLC:

- Es un dispositivo electrónico con una memoria programable para almacenar instrucciones e implementar funciones específicas. SALGADO(1999)
- Es una computadora cuyo hardware y software ha sido diseñado, fabricado y adaptado para la mejora del control de procesos industriales. RAYMUNDO CARRANZA(2001)

Es importante indicar que existen diferentes marcas de este controlador (Siemens, Allen Bradley, Festo, etc.) y por ende muchos modelos de cada uno de ellos; entonces se debe seleccionar de acuerdo a lo que uno desee para el proceso que se va a controlar.

A continuación las principales características que presenta el micro-PLC Logo de Siemens:

- Tiempo de ciclo por función $< 0,1$ ms.
- Tiempo de arranque 8 seg.
- Interfaz para módulos de ampliación de I/O.
- Se puede montar en rieles de perfil o en la pared.
- Lenguaje de programación sencillo (Ladder).
- El consumo de corriente para las entradas digitales depende del modelo y tipo PLC a utilizar.
- Igualmente las salidas pueden ser de tipo relé o tipo transistor.

Un PLC típico usualmente consta de cuatro componentes principales, como se muestra en la Figura 9:

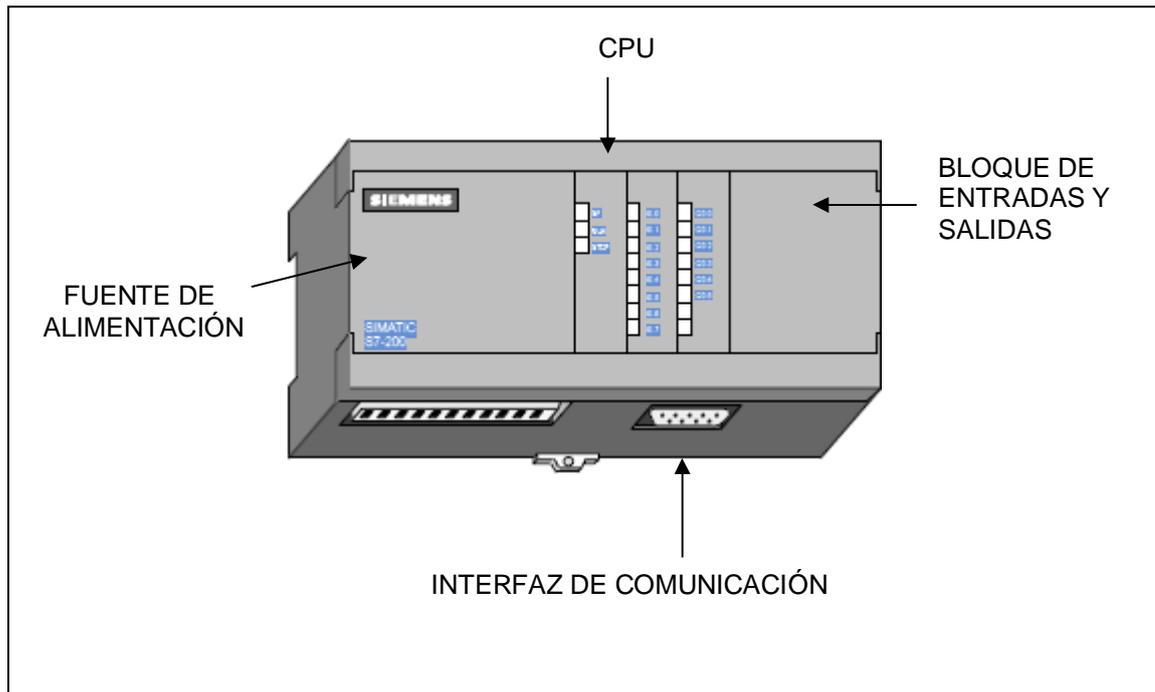


Figura 9: Partes de un PLC estándar S7-200, marca SIEMENS

Detallamos cada una de las partes de un PLC genérico:

1) Fuente de Poder

También llamado, suministro de energía. Esta fuente convierte la energía eléctrica disponible (puede ser 220VAC), a niveles de tensión continua necesarios para la operación de los circuitos del procesador y las secciones de entradas/salidas.

Los PLC's estándares requieren un nivel de continua de 24/12 VDC, que es suministrado por la fuente poder.

Para el caso del micro-PLC Logo de Siemens, las entradas digitales requieren entre 30 y 140mA, y las salidas tipo relé soportan hasta 10A.

2) Procesador

Corresponde al cerebro del sistema, realiza la toma de decisiones y la transferencia de la información. En el procesador se distinguen tres bloques principales, los cuales son:

- **CPU;** Unidad Central de Procesamiento. Es el componente principal del PLC y contiene uno ó más microprocesadores para el control del mismo. Esta unidad maneja también la comunicación e interacción con otros componentes del sistema.
- **Memoria;** Consiste básicamente de dos tipos:
 - i) La memoria para operación del sistema; esta basada en una memoria de solo lectura, en donde ha sido almacenada la operación del sistema por el fabricante del PLC.
 - ii) La memoria de usuario del PLC; está dividida en bloques con funciones específicas. Algunas secciones son usadas para almacenar estados de entrada y salida, generalmente constituyen las denominadas tablas de imágenes I/O.
- **Interfaz de Comunicaciones;** Es el lenguaje que se utiliza para comunicar las entradas y las salidas.

Para la comunicación del CPU del PLC con una PC, se utiliza comunicación serial RS-232. El software requerido para programar el PLC depende del fabricante. (Step7 para Siemens, RsLogix para Allen Bradley).

3) Bloque de Entradas

Realiza la interfaz entre el procesador y los dispositivos conectados como entrada, adapta las señales provenientes de los sensores y/o medidores para ser entendidos por el CPU del controlador. Existen tipos de entrada analógica, entre las cuales tenemos señales estándares de corriente y voltaje tales como: 0 – 20 mA, 4 – 20 mA, 0 – 5 V, y 0 – 10 V. También están las entradas digitales, las cuales se entienden por niveles lógicos de voltaje.

4) Bloque de Salida

Realiza la interfaz entre el procesador y los dispositivos conectados como salida, proporcionando señales a los actuadores.

Los módulos de salida pueden ser acondicionados para manejar voltajes DC o AC, permitiendo el uso de señales de salida analógicas y digitales. Son comerciales los módulos con 8, 16 y 32 salidas. Entre los tipos de salidas digitales con que cuentan los PLC's tenemos:

- i) Salidas tipo Relé, dependiendo del PLC a utilizar soportan altos valores de corriente.
- ii) Salida Transistor, para evitar que los impulsos cortos enviados a las salidas digitales tenga corta duración.

- Software del PLC

Una vez mencionada las partes importantes del PLC, pasamos a explicar el software que se debe utilizar, ya que sin la programación el controlador no realizaría ningún trabajo. Existen diversos tipos de software, dependiendo del tipo y modelo del PLC a utilizar, podemos mencionar algunos como el RSLogix 500, de los PLC marca Allen Bradley; otro software es el Microwin Step7, de los PLC marca Siemens. Para el micro-PLC se utiliza el “Logo!Soft”.

Existen diferentes versiones que van mejorando con el tiempo, pero un lenguaje común que todos utilizan es el Lenguaje Ladder, también conocido como Lenguaje escalera o lógica de contactos. Este lenguaje consiste en mallas, análogas a los diagramas unifilares utilizado por los ingenieros electricistas; estas mallas constituyen pequeños bloques de instrucciones combinando contactos (switches representados como entrada) para establecer lógicas de control que puedan comandar bobinas (salidas).

Brevemente se describe como opera el PLC, para realizar trabajos continuamente:

1. Comprueba el estado de las entradas, el PLC lee cada entrada y determina su estado (on/off)
2. Ejecuta el programa, instrucción por instrucción.
3. Actualiza los estados de la salida; esto se realiza basándose en la lectura de las entradas durante el primer paso y los resultados de la ejecución del programa durante el segundo paso.

En las siguientes figuras podemos visualizar la operación del PLC.

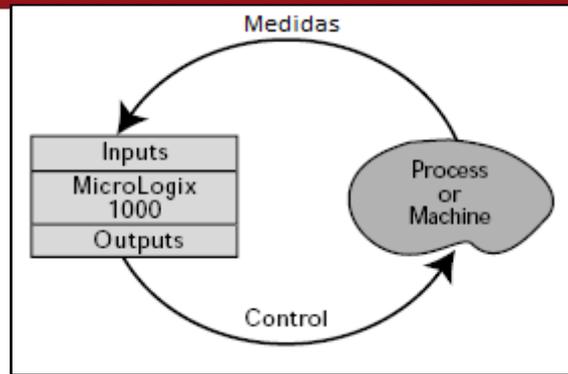


Figura 10: Interpretación de trabajo del PLC, recibe señales medidas del proceso y envía señales de operación y/o alarma al proceso.

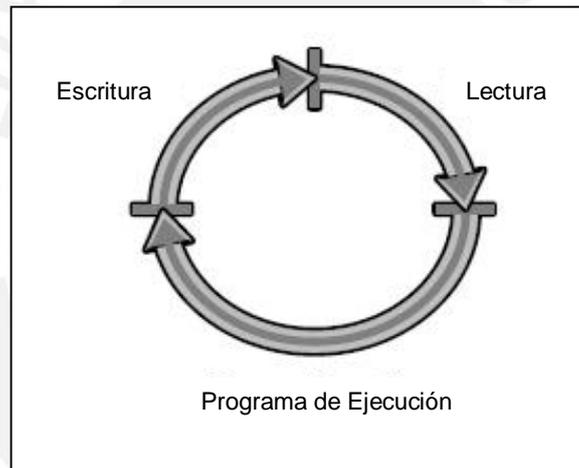


Figura 11: Secuencia interna de trabajo del PLC, primero lee las entradas, luego ejecuta el programa y finalmente escribe en las salidas.

CAPITULO IV : CONTROL DE TEMPERATURA Y MONITOREO DE pH
DEL AGUA EN EL PROCESO DE INCUBACIÓN DE TILAPIAS USANDO
PLC.

IV.1.- Parámetros del agua a utilizar

IV.1.1.- Temperatura

El dispositivo a utilizar para la medición de éste parámetro es un sensor de precisión en circuito integrado, el cual es conocido como LM35 del fabricante *National Semiconductor*.

Algunas de las características más importantes de este dispositivo son:

- Calibrado directamente en °C (grados centígrados).
- Lineal con una escala de +10mV/°C.
- Salida de baja impedancia.

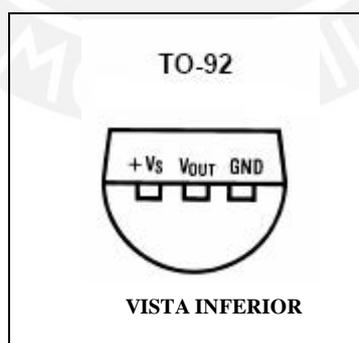


Figura 12: Vista inferior del integrado LM35, se observan los pines: +Vs alimentación, *Vout* voltaje de salida y *GND* tierra.

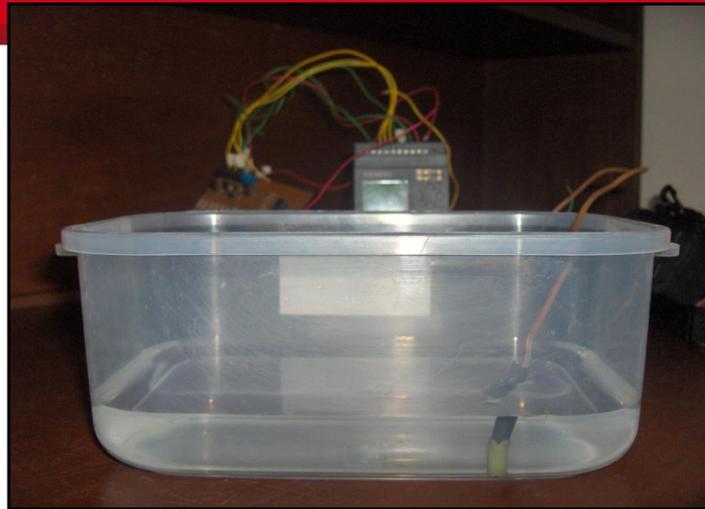


Figura 14: Imagen del integrado LM35 con su encapsulado sumergido en el agua, similar al proceso de Incubación de Tilapias.

Entonces en esta primera etapa podemos tomar en cuenta los valores que nos da la medición de este integrado, en la siguiente tabla:

Tabla 2: Valores de señal obtenida variando la temperatura del agua, se tiene un porcentaje de error +/- 10 mV.

| Temperatura (°C) | Voltaje (mV) |
|--------------------|----------------|
| 2 | 20 |
| 5 | 50 |
| 10 | 100 |
| 15 | 150 |
| 20 | 200 |
| 25 | 250 |
| 30 | 300 |
| 35 | 350 |
| 40 | 400 |

Como el sistema a utilizar requiere tener señales en el rango de 0-5V, debido a que los dispositivos a utilizar en las siguientes etapas tienen como mínimo ese voltaje de

alimentación, debemos amplificar la señal hasta ahora obtenida con un factor de aproximadamente 10.

Para ello utilizamos un amplificador operacional, en su configuración de amplificador no inversor. El circuito integrado seleccionado para esta etapa es el LM358, del fabricante *National Semiconductor*.

Algunas de las características más importantes de este dispositivo son:

- Internamente posee dos amplificadores operacionales.
- Frecuencia interna compensada para ganancia unitaria.
- Amplificación como máximo hasta el valor de la alimentación (+Vcc)

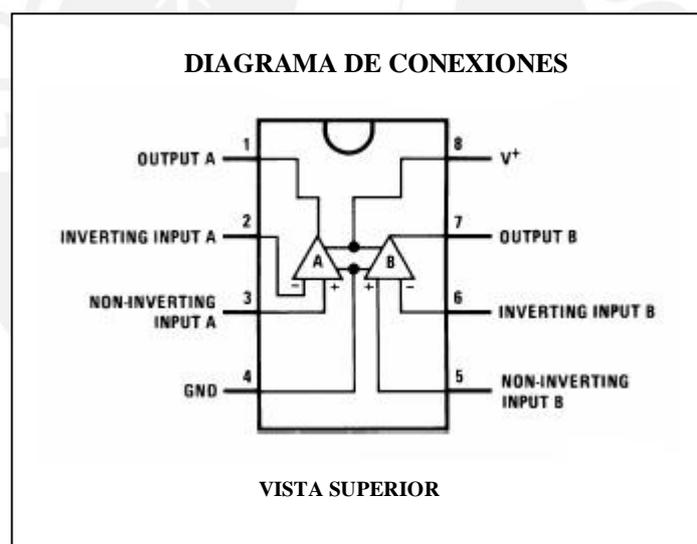


Figura 15: Circuito del Integrado LM358, utilizado para amplificar la señal hasta obtener un rango de 0-5 V.

En la Figura 15, podemos observar el diagrama de conexiones del circuito integrado LM358. Cabe resaltar que este dispositivo solo tiene fuente de alimentación positivo

(V+), por ello la señal de entrada debe ser positiva como la que generamos en la primera etapa, 20 – 400 mV.

En la Figura 16, apreciamos la configuración del amplificador no inversor. Con resistencias de 100 Ω y un potenciómetro de 1 K Ω aseguramos tener una amplificación por un factor de 10, con lo cual obtendríamos la señal en el rango de 0,2 – 4 V.

También estamos asegurando que la señal no pase del valor máximo al cual se puede amplificar (+Vcc = 5V).

Los valores de las resistencias a utilizar son:

$$R1 = 100 \Omega$$

$$R2 = \text{pot. } 1 \text{ K}\Omega$$

Para obtener el valor exacto de la amplificación (10), R2 es un potenciómetro para ajustar la ganancia, en nuestro caso debe estar en 900 Ω .

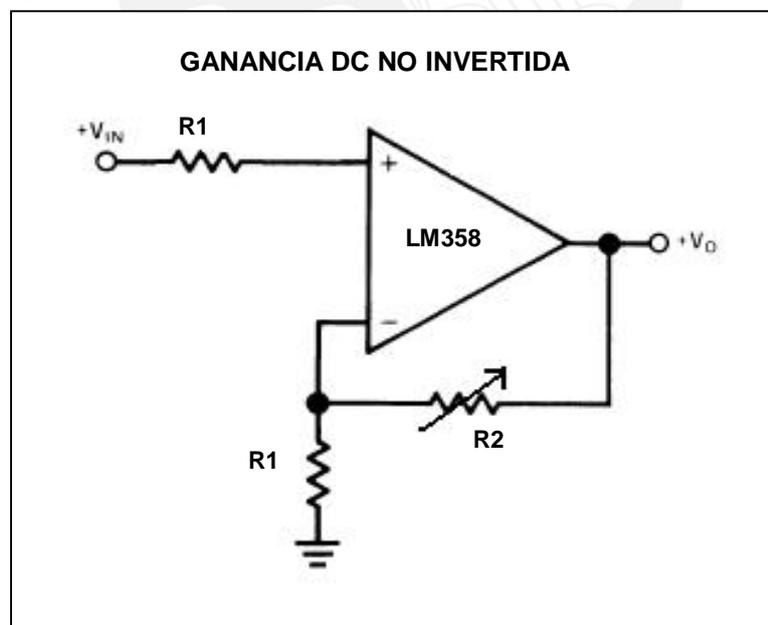


Figura 16: Configuración del Circuito integrado LM358 en Amplificador

No Inversor, para tener la señal de entrada amplificada.

IV.1.2.- pH

Para la medición de este parámetro se utiliza el electrodo HI 1230B, del fabricante *Hanna Instruments*. Dicho electrodo posee un sensor de cristal, además de un elemento interno de pH, el cual suministra voltaje basado en el valor de pH de la muestra.

El rango de medición del electrodo es de 0 – 14, siendo 7 el valor de neutro.

- pH < 7, sustancia acida.
- pH > 7, sustancia alcalina.

Es de vital importancia considerar algunos requerimientos para el buen uso del electrodo:

- Antes de realizar las mediciones debe calibrarse el dispositivo, se recomienda usar tres buffers de distintos valores de pH. (4, 7 y 10).
- Se debe usar una solución especial para la limpieza del electrodo, en su hoja de datos indica especificaciones.
- Se debe tener una solución para almacenar el electrodo en caso no se le de uso, esta solución la proporciona el fabricante *Hanna Instruments*.

Veamos la siguiente figura que nos muestra el electrodo HI 1230B.

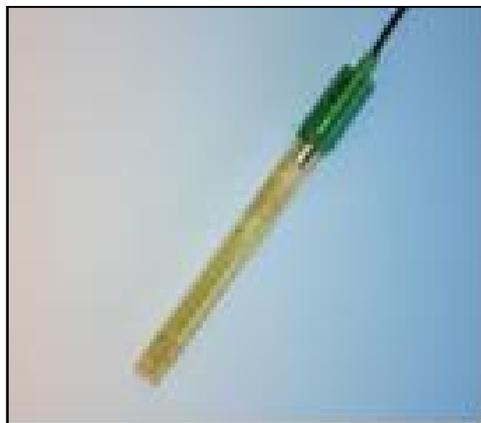


Figura 17: Electrodo HI 1230B, fabricante Hanna Instrument.

Como se va a sensor el valor de pH del agua, el rango permitido para éste debe ser entre un valor de 6 y 8, siendo lo ideal el valor 7 (neutro), otros valores podrían afectar el retardo en el crecimiento y/o hasta la muerte de muchos alevines de tilapia.

Si bien la idea es la misma que con el parámetro de Temperatura, en esta parte no podemos utilizar los mismos dispositivos para lograr una amplificación adecuada, debido que este parámetro tiene un comportamiento no lineal.

Inicialmente usando solo el electrodo HI 1230B, tenemos valores pequeños de voltaje (-5mV hasta +5mV aproximadamente) para diferentes muestras de pH, lo cual es muy difícil de manejar ya que un pequeño ruido podría alterar los valores.

Después de realizar varias pruebas con los valores medidos del electrodo, en diferentes condiciones de temperatura del agua, encontramos una solución adecuada para obtener valores razonables, los cuales si pueden ser trabajados para la amplificación y para el control del sistema.

Para ello se utiliza un amplificador operacional CMOS de instrumentación y baja potencia, ICL 7612DC del fabricante *Intersil*.

Algunas de las características más importantes de este dispositivo son:

- Amplio rango de operación $\pm 1V$ hasta $\pm 8V$.
- Impedancia de entrada elevada $10^{12}\Omega$
- Aplicable a instrumentos portables.
- Voltaje Offset de entrada $V_{os} = 15\text{ mV}$

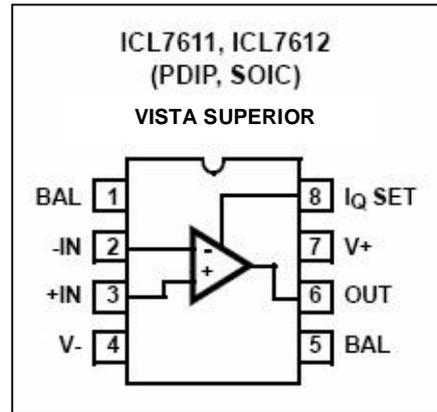


Figura 18: Circuito del Integrado ICL 7612DC, amplificador CMOS.

Adecuado para señales muy pequeñas (-5mV - +5mV).

En la Figura 18, se muestra los pines del integrado ICL 7612DC, cabe resaltar que este dispositivo usa fuente de alimentación positiva y negativa. Esto es importante porque nuestra señal tiene valores positivos y negativos.

En la siguiente Figura 19, vemos la configuración que se realiza para obtener valores en un rango de -200mV y +200mV. Se tiene que considerar el uso de un potenciómetro de precisión externo de 25K Ω , el cual anula el offset de entrada o también llamado voltaje de desplazamiento, asegurando de esta manera el valor medido exacto.

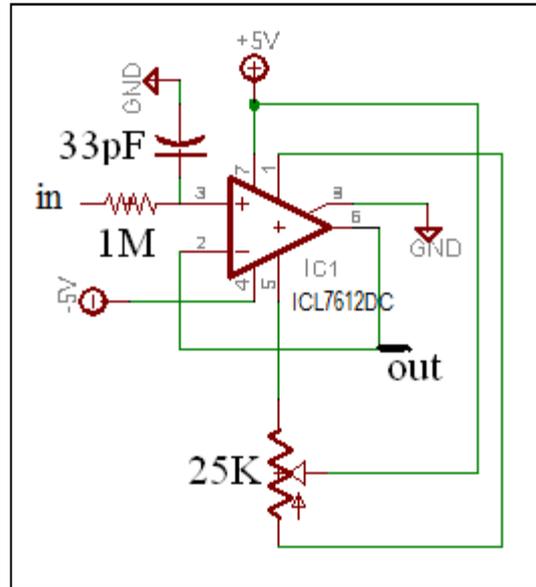


Figura 19: Diseño electrónico, para obtener señales amplificadas del electrodo HI 1230B. Rango de voltaje de salida: -200mV - +200mV.

Con esta configuración podemos observar el siguiente cuadro (tabla 3), con los valores para las diferentes muestras de pH.

Tabla 3: Valores de señal sensada por el electrodo de pH, luego de la amplificación.

| Valor de pH | Voltaje (mV) |
|-------------|--------------|
| 0 | -200 |
| 2 | -150 |
| 4 | - 100 |
| 6 | -50 |
| 7 | 0 |
| 8 | 50 |
| 10 | 100 |
| 12 | 150 |
| 14 | 200 |

Estos valores son manejables a comparación de los que se obtuvieron inicialmente; sin embargo tenemos valores tanto positivos como negativos, lo cual podría dificultar el procedimiento del control de este parámetro, debido a que el controlador no puede entender una señal negativa para una entrada digital. Lo que buscamos es amplificar e invertir la señal para tener la misma, en el orden de los Voltios tal y como tenemos la señal de temperatura.

Entonces se realiza un offset de -200mV a la señal de entrada, con cual obtendremos una señal completamente negativa, de $-400 - 0\text{mV}$. Esta señal la podemos invertir utilizando un opam en configuración amplificador sumador.

Para realizar el offset utilizamos una fuente negativa de -5V , además un divisor de voltaje con resistencias de $1.2\text{K}\Omega$ y 100Ω , y así obtener los -200mV ; en la figura 20 se debe considerar que la resistencia $R2$ cumple la función de resistencia paralela con $R6$ al tener esta una tierra virtual. Luego esta señal es llevada a otro opam ICL 7612DC, bajo la configuración de amplificador sumador con finalidad de obtener a la salida una señal entre $0 - 4\text{V}$.

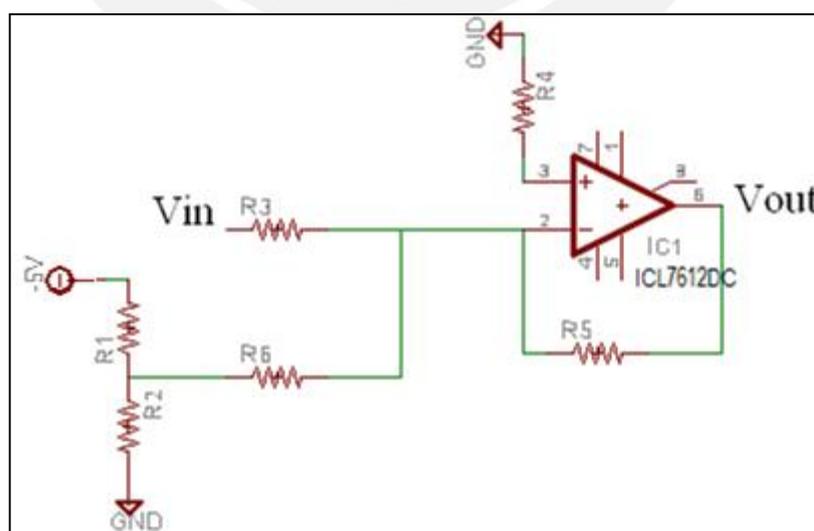


Figura 20: Circuito que genera un offset de -200mV y la amplificación de la señal usando el amplificador ICL 7612DC en configuración amplificador sumador.

A continuación los valores de resistencias utilizado en la figura 20:

$$R1 = 1.2 \text{ K}\Omega$$

$$R2 = 100 \Omega$$

$$R3 = R6 = R4 = 100 \Omega$$

$$R5 = 1 \text{ K}\Omega$$

Debemos considerar que al utilizar el opam ICL 7612DC en configuración amplificador sumador, nuestro voltaje de salida cumple la siguiente relación:

$$V_{out} = - R5/R3 * (-200\text{mv} + V_{in})$$

Con ello la relación de valores de pH con voltaje de salida se invierte, a mayor valor de pH menor voltaje de salida. Para mayor detalle ver la siguiente tabla N°4.

Tabla 4: Valores de señal sensada por el electrodo de pH, luego de la segunda amplificación para obtener señal positiva.

| Valor de pH | Vout (V) |
|-------------|----------|
| 0 | 4 |
| 2 | 3.5 |
| 4 | 3 |
| 6 | 2.5 |
| 7 | 2 |
| 8 | 1.5 |
| 10 | 1 |
| 12 | 0.5 |
| 14 | 0 |

IV.2.- Multiplexación de señales analógicas

Debido a que se utilizará un conversor análogo - digital de un solo canal de entrada, se tiene que multiplexar la señal análoga de temperatura y pH (0 – 5V).

El dispositivo a utilizar para la multiplexación es el C.I. (Circuito integrado) MC14066B, del fabricante *ON Semiconductor*.

Algunas de las características más importantes de este dispositivo son:

- Contiene cuatro selectores independientes capaces de controlar tanto señales analógicas como digitales.
- Posee triple diodos de protección sobre las entradas de control.
- Su voltaje de alimentación es permitido en el rango de +3 hasta +18VDC.
- Valor típico de Resistencia ON, $R_{on} = 250 \Omega$

En la Figura 21, se observa la asignación de pines del circuito integrado, y en la Figura 22, el diagrama de bloques del dispositivo.

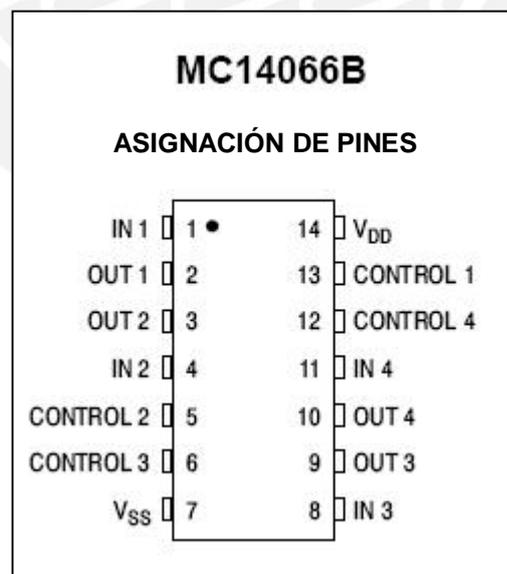


Figura 21: Pines del integrado MC14066B, posee cuatro entradas que pueden ser seleccionadas por el pin de control de cada uno.

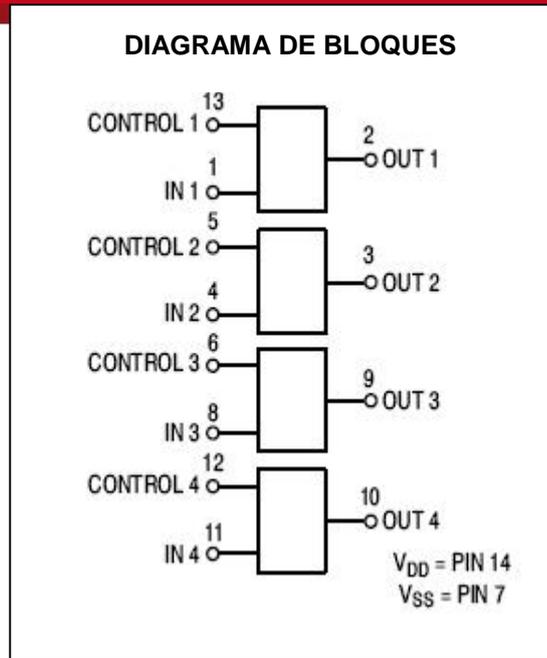


Figura 22: Diagrama de bloques del Integrado MC14066B

Para poder seleccionar cualquiera de las dos señales, temperatura y pH, debemos contar con dos señales de control, las cuales tienen que ser habilitadas una por una en tiempos constantes por el PLC a utilizar.

En la siguiente Figura se observa el diagrama lógico, el cual nos ayuda a entender mejor la selección de cada una de las señales.

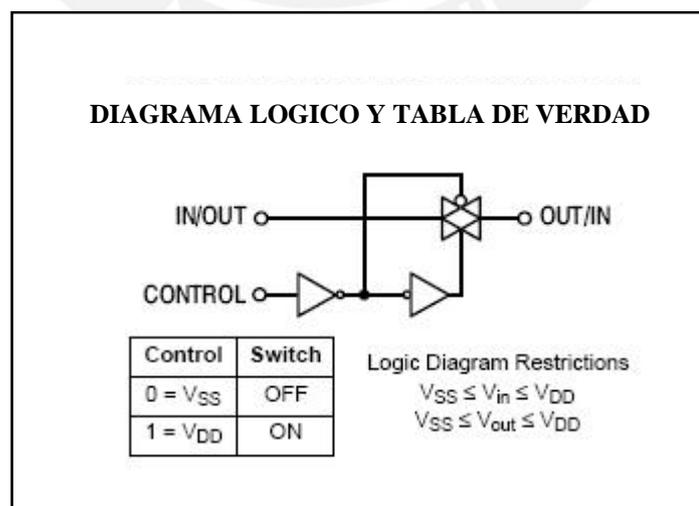


Figura 23: Esquema de funcionamiento de la lógica de control del Integrado MC14066B.

Como se observa en la Figura 23, la señal de entrada pasa automáticamente a la salida del dispositivo MC14066B si es que el valor de control tiene un '1' lógico ó una señal de +5V en el pin de control. Con esto aseguramos que las señales tanto de temperatura como de pH puedan leídas por el PLC en tiempos periódicos.

Se analizó previamente el tiempo que tarda la conversión análogo-digital con el conversor A/D (100 μ s), más el tiempo que tarda el PLC en la ejecución del programa Ladder (1,5 ms por un cambio lógico de '0' a '1' y viceversa). Con ello podemos confirmar que el tiempo de ejecución de un ciclo en nuestra lógica de control está en el orden de los milisegundos.

Sin embargo al tener nuestras dos variables de medición tiempos de respuesta lenta, se consideró trabajar la selección de cada una de ellas en el orden de los segundos. Por ello para asegurar que ambas señales estén monitoreadas constantemente y dando un tiempo de activación de 08 segundos en la señal de control, se estima un valor periódico de 48 segundos por cada salida Q1 y Q2, activándose una por una cada 16 segundos. (Véase Anexo A.1 – Programa 1).

IV.3.- Conversión análogo-digital

Para poder convertir una señal analógica a digital usamos el circuito integrado ADC0804, del fabricante *National Semiconductor*.

Algunas características importantes de este dispositivo son:

- CMOS de 8 bits con conversor de aproximaciones sucesivas.
- Interface sencilla con todos los micro - procesadores.

- Con una fuente de alimentación de +5V, el voltaje de entrada análogo puede ser de 0 - 5V.
- Posee un solo canal de entrada análogo.
- Tiempo de conversión de 100 μ s.

A continuación vemos el diagrama de conexiones del convertor:

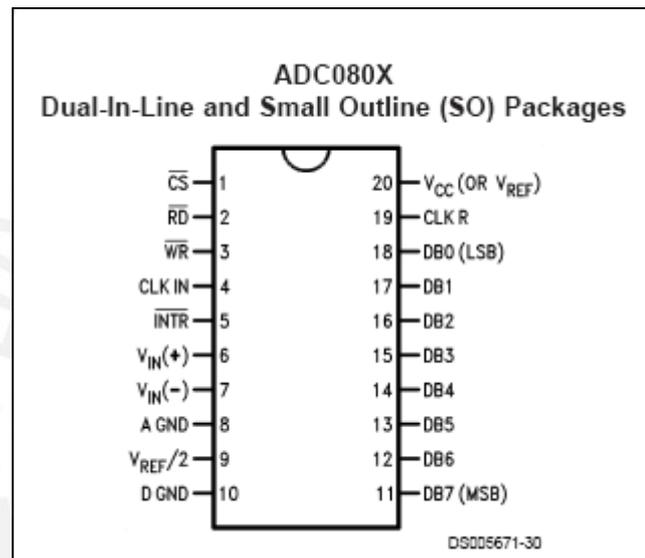


Figura 24: Pines del Conversor Análogo – Digital, ADC0804. Tiene un solo canal de entrada y digitaliza la señal en 8 bits.

El convertor utilizado es de fácil manejo, en su hoja de datos nos muestra el diagrama de tiempos para poder realizar la conversión.

En la siguiente Figura 25, mostramos el diseño de su configuración para realizar conversiones continuas sin necesidad de reiniciar el convertor A/D. Notar que el pin CS (chip selector) está habilitada en baja, al igual que el pin RD (read).

También observamos que se tiene un circuito externo con una resistencia $R=10K$ y un capacitor $C=150pF$, para el auto-registro del reloj interno del conversor ($f \approx 610kHz$).

Es importante señalar los tiempos que se utilizan durante la conversión de una señal:

Tacc: Es el tiempo que tarda desde que se habilita la lectura del valor de entrada analógica hasta que se muestra en la salida. 135ns.

T1h: Es el tiempo que tarda desde que se deshabilita la lectura del valor de entrada hasta llegar al estado de alta impedancia en la salida (TRI-STATE). 125ns.

Tri: Es el tiempo considerado desde que se habilita la lectura del valor de entrada hasta resetear el conversor A/D llevando un '1' lógico al pin 5 (\overline{INTR}). 300ns.

Para mayores detalles véase el anexo A.2.6.

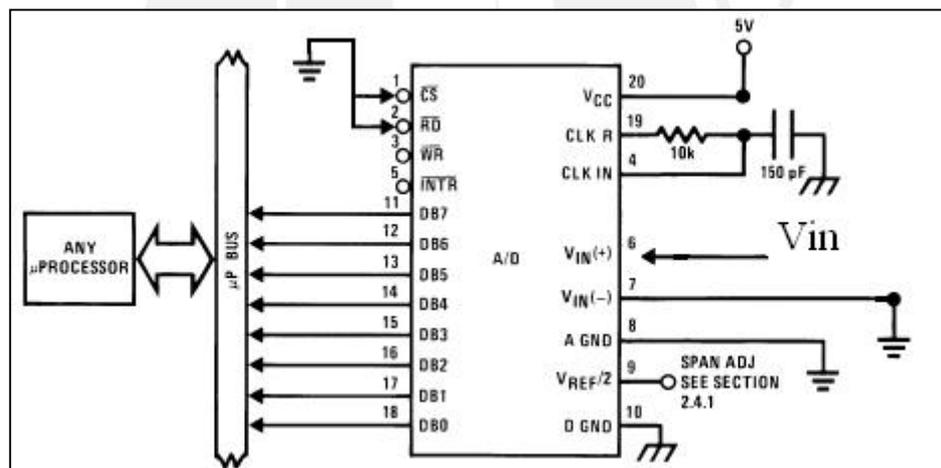


Figura 25: Esquema de diseño del integrado ADC0804 configurado para realizar conversiones de señal analógica a digital en forma permanente.

Las salidas digitales van desde el pin 11 al pin 18, siendo DB0 (LSB) el bit menos significativo y el DB7 (MSB) el bit más significativo. Los valores de '0' y '1' lógicos los vemos a continuación.

- '0' equivale a un valor analógico en voltaje de $[0 - 1.5V]$
- '1' equivale a un valor analógico en voltaje de $[2.5 - 5V]$

Un valor entre 1.5 y 2.5V se dice que está en alta impedancia, lo cual no tiene valor digital.

IV.4.- Acondicionamiento de señal

Ahora que se tiene la señal digitalizada, ésta podría ser transmitida hacia el controlador, pero existe un inconveniente, el controlador a utilizar reconoce las entradas digitales con tensión de 12VDC por ello los valores digitales no serían reconocidos por dicho controlador como '1' y '0' lógicos debido al rango de equivalencia de cada uno de estos estados.

Entonces se debe acondicionar la señal, para ello usamos una fuente externa de 12VDC, además de transistores para su funcionamiento en corte y saturación. Los transistores a utilizar son:

- Transistor NPN 2N2222, del fabricante *Fairchild Semiconductor*.
- Transistor PNP 2N2905, del fabricante *Philips*.

Para mayor detalle de las características técnicas de c/u de los transistores, ver la hoja de datos en el anexo A.2.10.

Luego de realizar varias pruebas de la señal, en una primera forma se amplificó la señal pero invertida, lo cual no era adecuado debido a que tendríamos que alterar el programa del controlador en lógica invertida. Es por ello que concluimos en un diseño adecuado de configuración con el uso de 02 transistores para que se cumpla lo siguiente:

Tabla 5: Rango de Equivalencias en Voltaje para los valores Lógicos

| Entrada Lógica | Equivalencia | Salida Lógica | Equivalencia |
|----------------|--------------|---------------|--------------|
| '0' | 0 - 1.5V | '0' | 0 - 3.5V |
| '1' | 2.5 - 5V | '1' | 8 - 12V |

En la Figura 26, vemos el circuito de acondicionamiento de señal, en seguida explicamos el funcionamiento:

1. Al tener '0' en la entrada $V_{in} = 0\text{ V}$, ocurre lo siguiente:
 - Transistor Q1, se encuentra en corte debido a que $V_{be} < 0.7\text{ V}$
 - Transistor Q2, se encuentra en corte debido a no tener paso de corriente por el transistor. (Circuito se cierra en el punto 6). Por lo tanto $V_{out} = 0$
2. Al tener '1' en la entrada $V_{in} = 5\text{ V}$. (Ver valores en azul), ocurre lo siguiente:
 - Transistor Q1, se encuentra saturado debido a que $V_{be} > 0.7$
 - Transistor Q2, se encuentra saturado. Se obtiene $V_{out} = 11.9\text{V}$

Como podemos notar tenemos $V_{out} = 11.9\text{V}$ y 0V , equivalente a '1' y '0' lógico respectivamente.

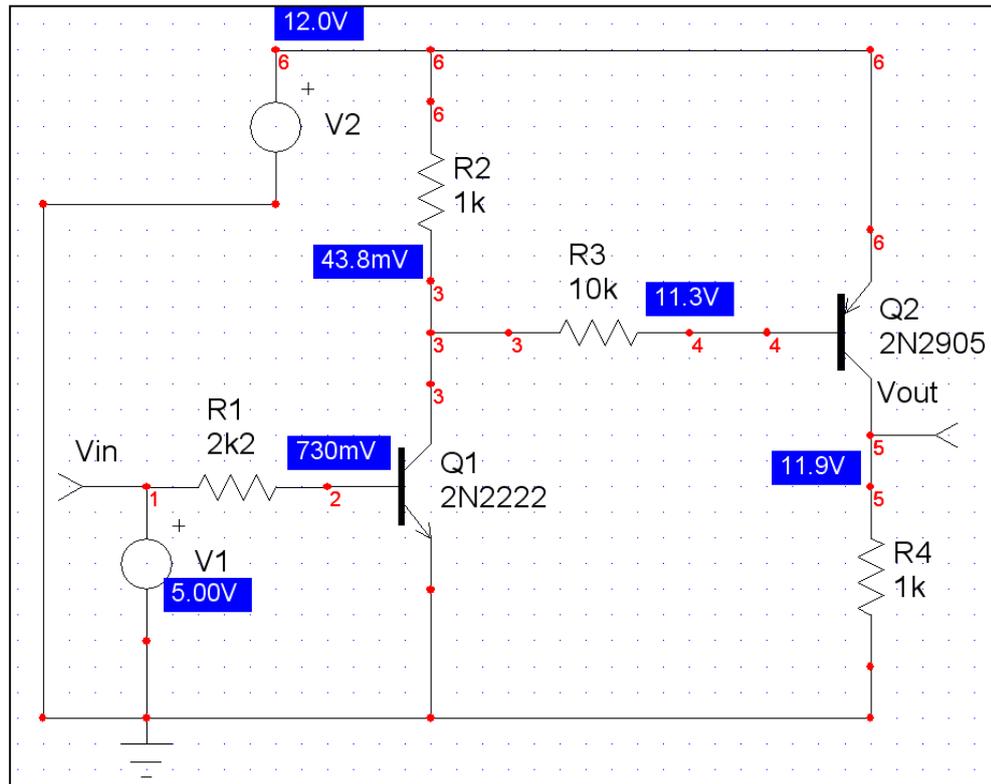


Figura 26: Esquema del circuito eléctrico para acondicionar una entrada digital hacia el PLC. (Se simuló en el laboratorio y se obtuvieron los valores de tensión en cada punto).

Los valores de las resistencias fueron seleccionados evitando exceder el valor permitido de corriente para cada transistor. $R1=2.2K\Omega$, $R2=1K\Omega$, $R3=10K\Omega$ y $R4=1K\Omega$.

Es importante señalar que $R4=1K\Omega$, debe soportar una potencia de $0.14W$ cuando la salida del transistor sea $11.9V$ ($V_{ec}=0.1V$). Por lo cual se escogen resistencias a $0.5Watts$ de potencia.

IV.5.- Etapa de control

El tipo de control adecuado para nuestro sistema es el **regulatorio**, debido a que las acciones de control obedecen a la comparación de la variable que se desea controlar, en nuestro caso temperatura, con un valor de referencia. Así mismo la variable de pH también debemos compararla para tener un monitoreo constante de esta variable.

Estos valores de referencia para ambos parámetros son los valores máximos y mínimos permitidos para el buen crecimiento de la especie a tratar.

Como es sabido, el controlador lee las entradas digitales, ejecuta el programa establecido realizando las comparaciones de valores y de acuerdo a ello envía señales a las salidas correspondientes; con lo cual se presenta el lazo de control, siendo éste la esencia de la automatización.

Además como vamos a manejar dos señales (T, pH), estas deben entrar una por una al controlador; esto se consigue configurando los temporizadores internos del PLC para que periódicamente se active una salida que a su vez llegue al multiplexor MC14066B. Como son dos señales entonces se necesita de dos salidas digitales para dicho propósito.

Existen varios tipos de modos de control a utilizar, como el proporcional (P), proporcional-integrativo (PI), proporcional-integrativo-derivativo (PID) y el control de razón (ON-OFF).

Para nuestro sistema, considerando que ambos parámetros del agua son de respuesta lenta y el rango permitido de variación de señal es 0 – 5V, un control simple y adecuado para esta aplicación es el CONTROL ON-OFF, o bien conocido como control de dos posiciones.

IV.5.1.- Control de dos posiciones

Es la forma más sencilla de Control Automático. También conocida como **Control todo-nada (on-off)**, y su uso se da normalmente cuando la variable controlada no exige mantenerse en un valor exacto.

Veamos en la Figura 27 la descripción de este modo de Control, para ello hay que tener en cuenta las siguientes variables:

- PV: Variable del Proceso, en nuestro caso podría ser tanto la Temperatura como el pH.
- SP: Set Point, es el valor de referencia el cual debe ser comparado constantemente con el valor de la variable del proceso.
- La línea de color rojo, es la salida del controlador.
- Se tiene un parámetro Hysteresis, es el retardo que tiene la salida del controlador para anunciar que ocurrió una variación en el parámetro medido.

En la descripción grafica podemos observar que la salida ideal del controlador debería ser la línea de color verde, la cual se activa inmediatamente al cambio de la variable del proceso, pero la respuesta del controlador está indicada por la línea de color rojo, lo cual es generado por la Hysteresis; ello no es muy crítico para nuestros propósitos debido a que las variables del proceso son de respuesta lenta. Es más nosotros podemos manejar los valores máximos y mínimos de ambas variables por lo que se toma en cuenta siempre valores de set point no tan próximos a los limites.

Como podemos notar, la salida del controlador se activa cuando el valor de la variable del proceso es mayor que el valor del Set Point 1 ó cuando es menor que el valor del Set

Point 2. Y además la salida del controlador se desactiva cuando el valor de la variable del proceso está dentro del rango permitido para dicha variable.

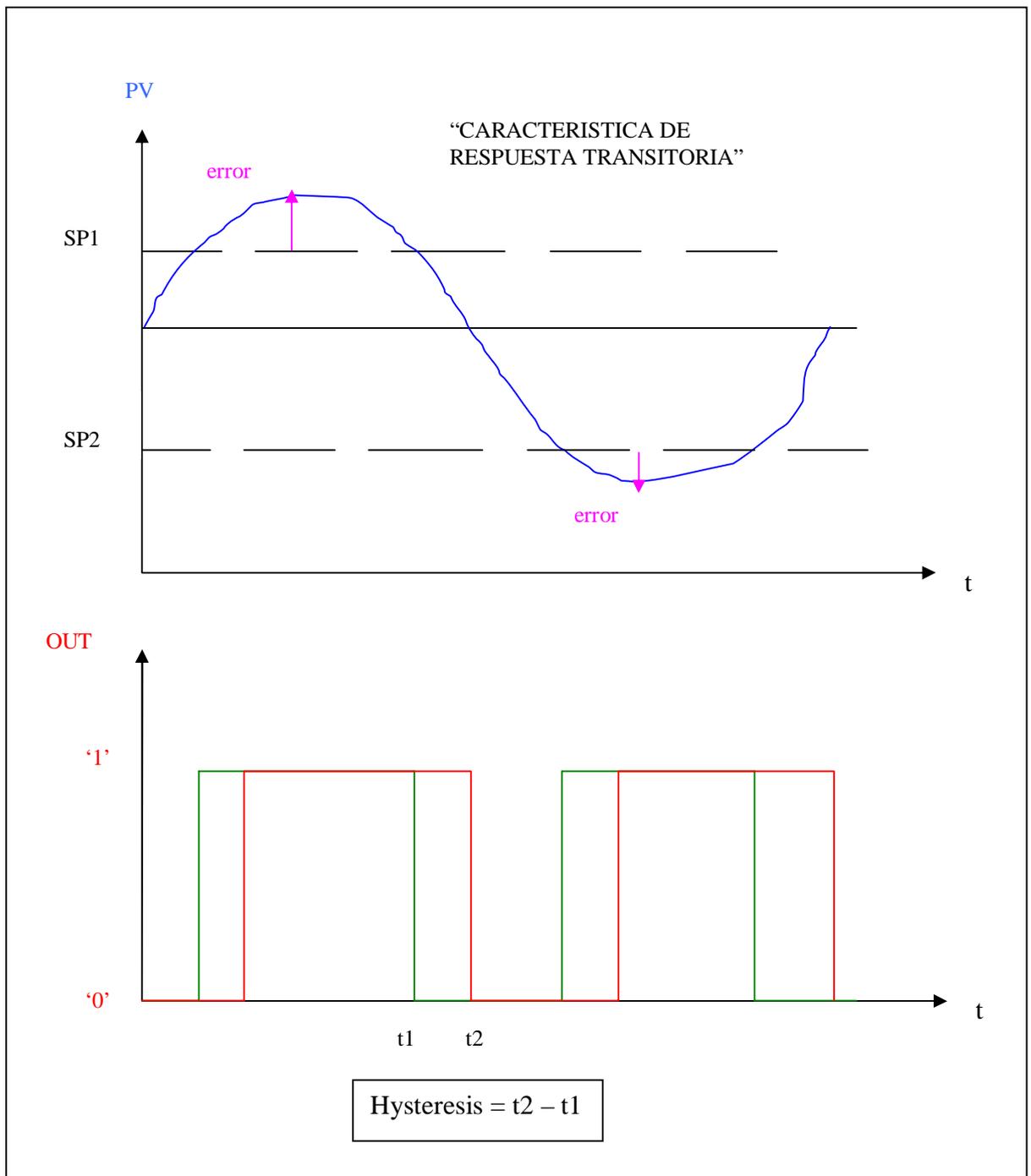


Figura 27: Esquema del Modo de Control ON-OFF, la respuesta del controlador a una variación de la variable de proceso fuera del rango permitido tiene un retardo que se llama Hysteresis.

IV.5.2.- Controlador a utilizar

El controlador a utilizar es un MICRO-PLC (Programmable Logical Controller), del fabricante *Siemens*. Su código es **LOGO!12/24RCo**

Las características más resaltantes de este equipo a continuación:

- Funciona con fuente de alimentación de 12VDC.
- Posee 8 entradas digitales y 4 salidas tipo relé.
- '1' equivale a una tensión mayor de 8VDC.
- '0' equivale a una tensión menor de 5VDC.
- Tiene una pantalla y teclado para manipular desde el mismo MICRO-PLC.
- Para descargar el programa en una computadora portátil ó de escritorio se necesita instalar el software LOGO!Soft, además de tener el cable de comunicación entre una PC y el PLC.
- La programación se desarrolla en el programa Ladder, es más sencillo.

En la siguiente Figura 28 se presenta el MICRO-PLC, además de la fuente de alimentación, la cual genera los 12VDC.



Figura 28: Micro-PLC LOGO, del fabricante SIEMENS.

Se ha de requerir un modulo de ampliación para tener más salidas, ya que con cuatro salidas no son suficientes para el manejo eficiente del proceso.

Dicho modulo tiene por código LOGO! DM8 12/24R, que funciona con fuente de 12VDC y posee 4 entradas digitales y 4 salidas relé. A continuación presentamos gráficamente dicho modulo de ampliación.



Figura 29: Modulo de Ampliación, I/O (4DI/4DO).

Solo se utilizará dos salidas de éste modulo de ampliación, permitiendo la ampliación del proceso en medir más variables, para cuando se desee. Se muestra el trabajo de programación indicando cada una de las salidas del controlador, en el anexo A.1.

Debido que las salidas son de tipo relé, se tiene que generar señales que activen circuitos a dicha salida, para ello se usa una fuente externa según convenga, en nuestro caso la fuente externa usada para las salidas tipo relé es de +5VDC.

IV.6.- Actuadores

IV.6.1.- Calentador

Este actuador se activa cuando la temperatura cae por debajo del valor mínimo establecido, con el fin de corregirlo. Debido al tamaño de este dispositivo, aproximadamente 10cm de largo, es posible sumergirlo dentro de la Incubadora, teniendo cuidado de no mojar el cable de alimentación del mismo.

El dispositivo es una resistencia eléctrica la cual funciona con una fuente de 220VAC, y tiene una potencia de 25 W, por lo cual se debe usar un TRIAC para manejar adecuadamente estos valores de voltaje además de un OPTO AISLADOR para las señales de control.

Veamos cada una de ellas por separado para su mejor entendimiento:

1. El optoaislador utilizado es el MOC 3041 del fabricante *Fairchild Semiconductor*; a continuación sus características más importantes:
 - Posee un detector de cruce por cero, evitando los picos de voltaje.
 - Está diseñado para su uso con Triacs.
 - En su diodo emisor se permite como corriente máxima 60mA.
 - La corriente máxima que soporta el dispositivo entre sus terminales principales es 1A. Véase anexo A.2.7.

En la siguiente Figura vemos su diagrama esquemático:

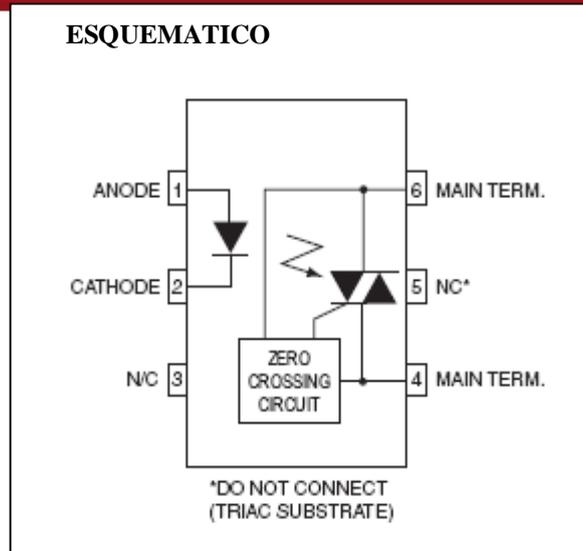


Figura 30: Esquema del Integrado MOC 3041, tiene un circuito detector de cruce por cero.

2. El Triac utilizado es el BTA08 del fabricante *Snubberless*, a continuación las características más importantes:

- Soporta como corriente directa hasta 8A.
- La corriente que debe pasar por el gate (pin G) para activar este dispositivo debe estar entre 5 y 50mA.
- Es muy bien utilizado en funciones de control on-off.

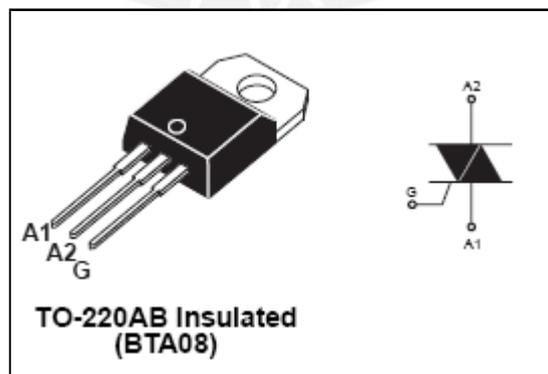


Figura 31: Integrado BTA08, además se observa su esquema

IV.6.1.1.- Funcionamiento

Como se menciona en el capítulo anterior, etapa de control; las salidas tipo de relé del Micro-PLC Logo deben tener una fuente externa para la activación de sus circuitos de control.

Entonces se utiliza una fuente de +5VDC, el cual pasa hacia el MOC 3041 cuando se cierra el contactor de la bobina Q3. Esto permite el paso de la corriente, activando el diodo emisor interno del dispositivo MOC; que a su vez activa el TRIAC cerrando el circuito de carga resistiva y prendiendo la resistencia eléctrica que tiene como fuente de alimentación los 220VAC.

IV.6.1.2.- Acondicionamiento de señal

Para visualizar mejor el funcionamiento veamos el siguiente gráfico del esquema antes mencionado:

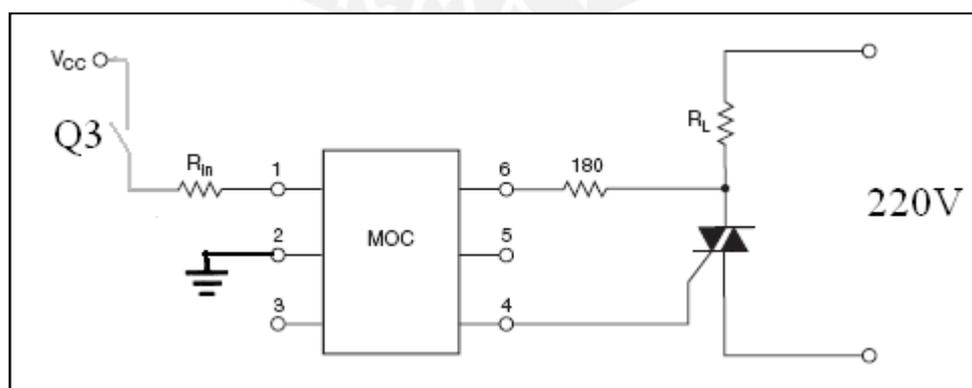


Figura 32: En el diagrama eléctrico se observa el accionamiento de un calentador (RL). Observar que se utiliza una fuente externa Vcc.

Como se aprecia en la Figura 32, el Q3 representa a la bobina de salida del Micro-PLC Logo. 'Rin' tiene el valor de 150Ω asegurando que la corriente del emisor sea de 30mA aproximadamente.

También se aprecia el Triac BTA08, el cual cierra el circuito cuando le llega señal por el gate, es decir del pin 4 del MOC, permitiendo que la carga 'RL' se active. Esto con finalidad que el valor de la variable Temperatura se incremente.

IV.6.2.- Visualización de salidas del controlador

Para poder visualizar que alguna de las salidas del PLC se haya activado hemos utilizado diodos leds, de tres distintos colores.

- Rojo, cuando se activa Q4.
- Verde, cuando se activa Q5.
- Amarillo, cuando se activa Q6.

Sabemos que Q4 se activa cuando la Temperatura medida o sensada está por encima del valor máximo establecido. También que Q5 y Q6 se activan cuando la variable de pH a alcanzado algún valor máximo ó mínimo respectivamente según sea el caso.

Luego al requerir una fuente externa de +5VDC, podríamos utilizar la misma que se utiliza para la activación del MOC 3041, debido a que estos diodos leds no consumen mucha energía, su consumo está alrededor de los 16mA por cada uno.

Para asegurar dicha corriente utilizamos resistencias de 3300Ω , veamos el siguiente grafico para la muestra de una de las salidas mencionadas, las otras funcionan de la misma manera.

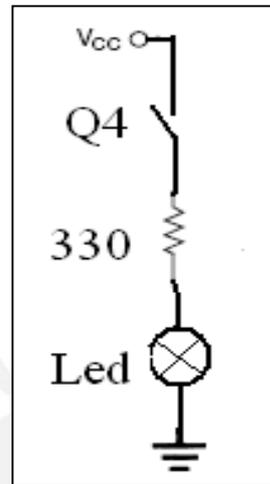


Figura 33: Diagrama eléctrico que muestra como encender un led para indicar alarmas de variación (Temperatura alta y pH nivel mínimo y máximo). Notar que se requiere de una línea externa de +5VDC.

IV.7.- Ubicación de los sensores y actuadores en la Incubadora

Como explicamos en los capítulos IV.1 al IV.6, tenemos tres instrumentos que forman parte de nuestro sistema y a su vez están instalados y/o montados en la incubadora artificial. Éstos instrumentos son: un sensor de temperatura, un electrodo de pH y un calentador.

El propósito de este acápite es identificar la ubicación de los instrumentos en la incubadora. Sabemos que la incubadora es un recipiente de medidas $40 \times 25 \times 8$ cm y debemos tener en cuenta un flujo constante de agua dentro del mismo.

Para el montaje del sensor de temperatura hemos considerado utilizar un encapsulado termocontraible, el mismo que le permite tener contacto directo con el agua, sin alterar

su funcionamiento; en cambio el electrodo de pH, si puede ser montado directamente ya que el contacto con el agua es a través de su encapsulado de vidrio. Se puede considerar que ambos sensores estén en el recipiente en forma de tapones, de esta forma no tienen problema de estabilidad, veamos la siguiente figura que ilustra lo mencionado:

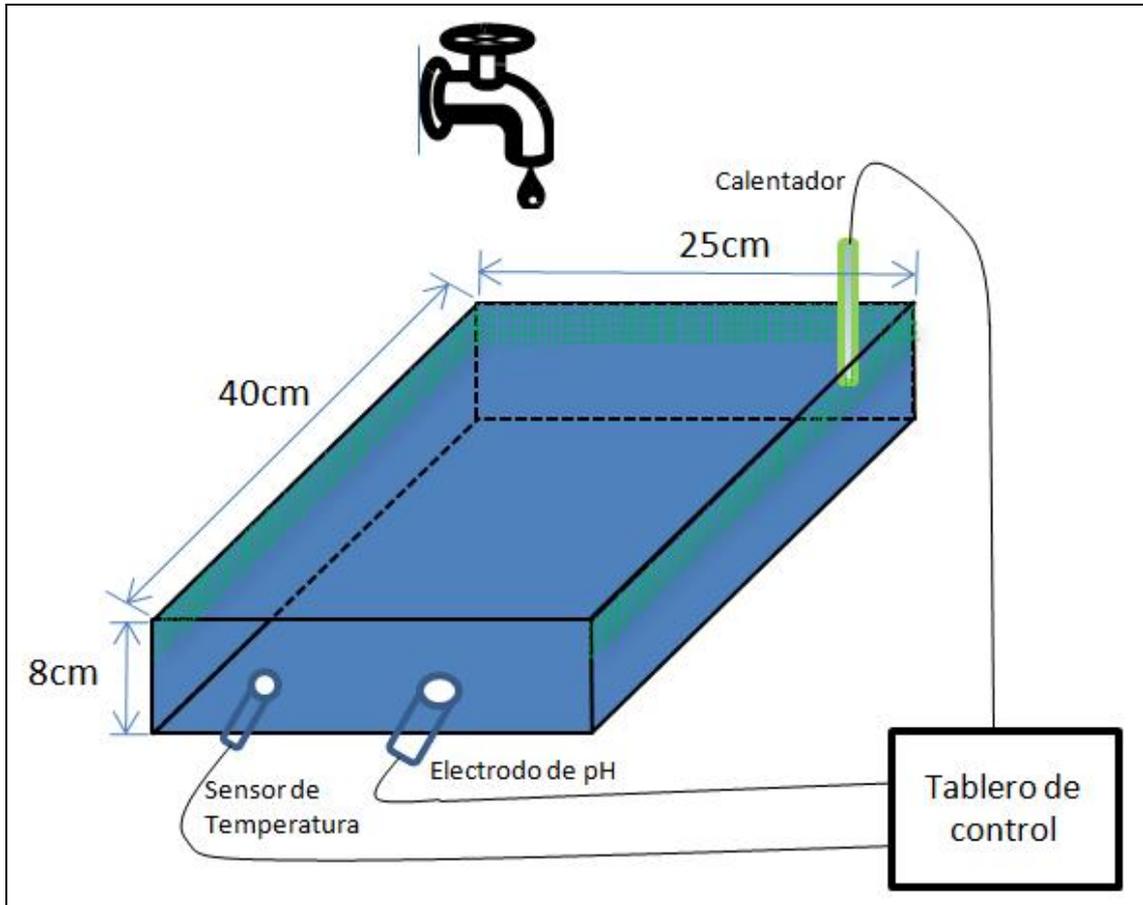


Figura 34: Diagrama de Ubicación de instrumentos a utilizar en el proceso de Incubación. Considerar que existe flujo constante de agua.

El calentador como lo mencionamos anteriormente tiene su mejor ubicación dentro de la incubadora; la posición debe ser ubicada de tal forma que los cables de alimentación no tengan contacto con el agua, como se aprecia en la figura 34.

Por último debemos considerar la distancia, no mayor a 10 metros, de los instrumentos hacia la tarjeta electrónica, en la cual se encuentran los circuitos integrados que adecuan

la señal antes de ser enviadas al PLC. Cuanto mayor sea la distancia más perdidas de corriente tendremos ya que el cable tiene su propia resistencia.

Debemos tener en cuenta que la tarjeta electrónica estará dentro de una caja ó un pequeño tablero de control, así mismo el PLC también deberá instalarse dentro del mismo tablero. Este tablero debe cumplir con la norma NEMA 4X por ser de uso industrial, sellado contra el agua y resistente a la corrosión. La ubicación del PLC dentro del tablero debe ser en un rack.

IV.8.- Diagrama de Bloques y Esquemático del Sistema Completo

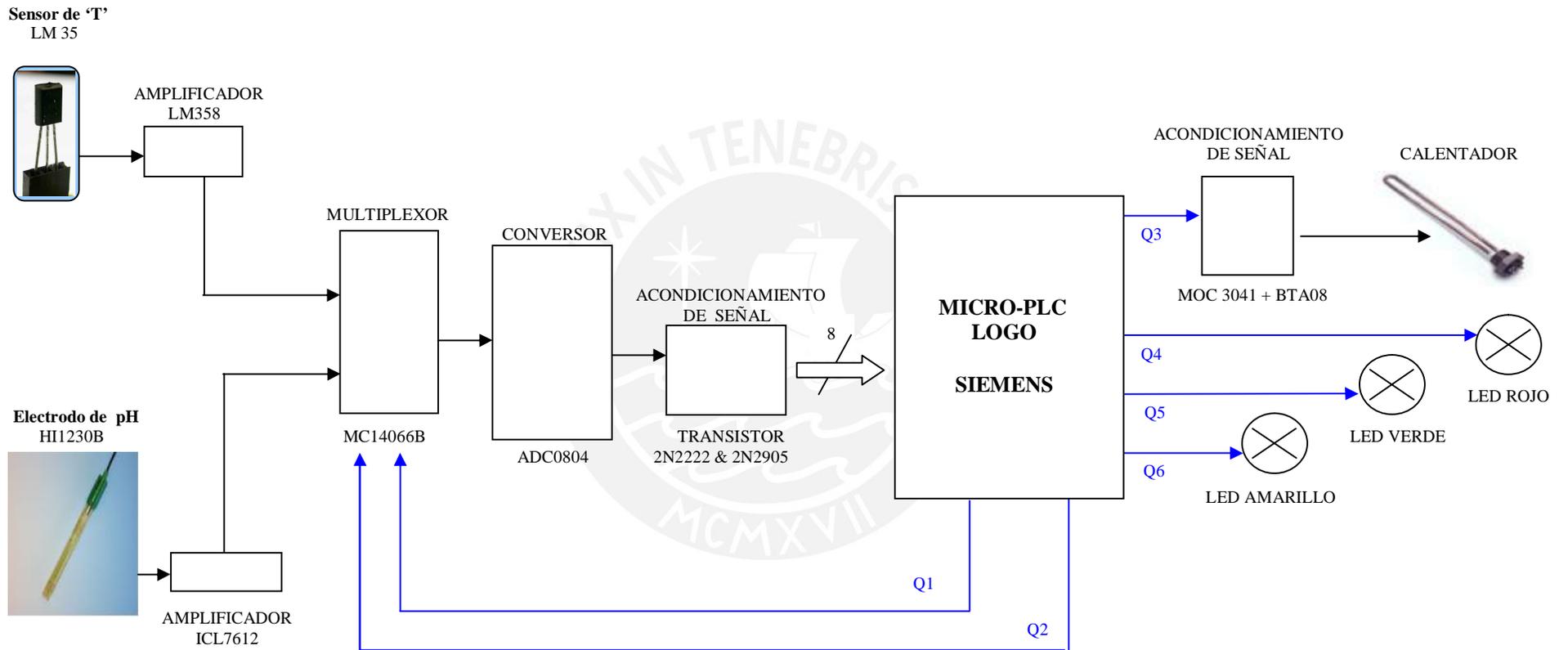
En el esquema 1 podemos visualizar un diagrama de bloques completo, que nos ilustra los instrumentos, circuitos integrados, PLC y actuadores que utilizaremos en la implementación de nuestro sistema, de acuerdo a lo descrito en los acápites anteriores.

Además se muestra cada una de las salidas que presenta el micro-PLC, indicando su acción correspondiente.

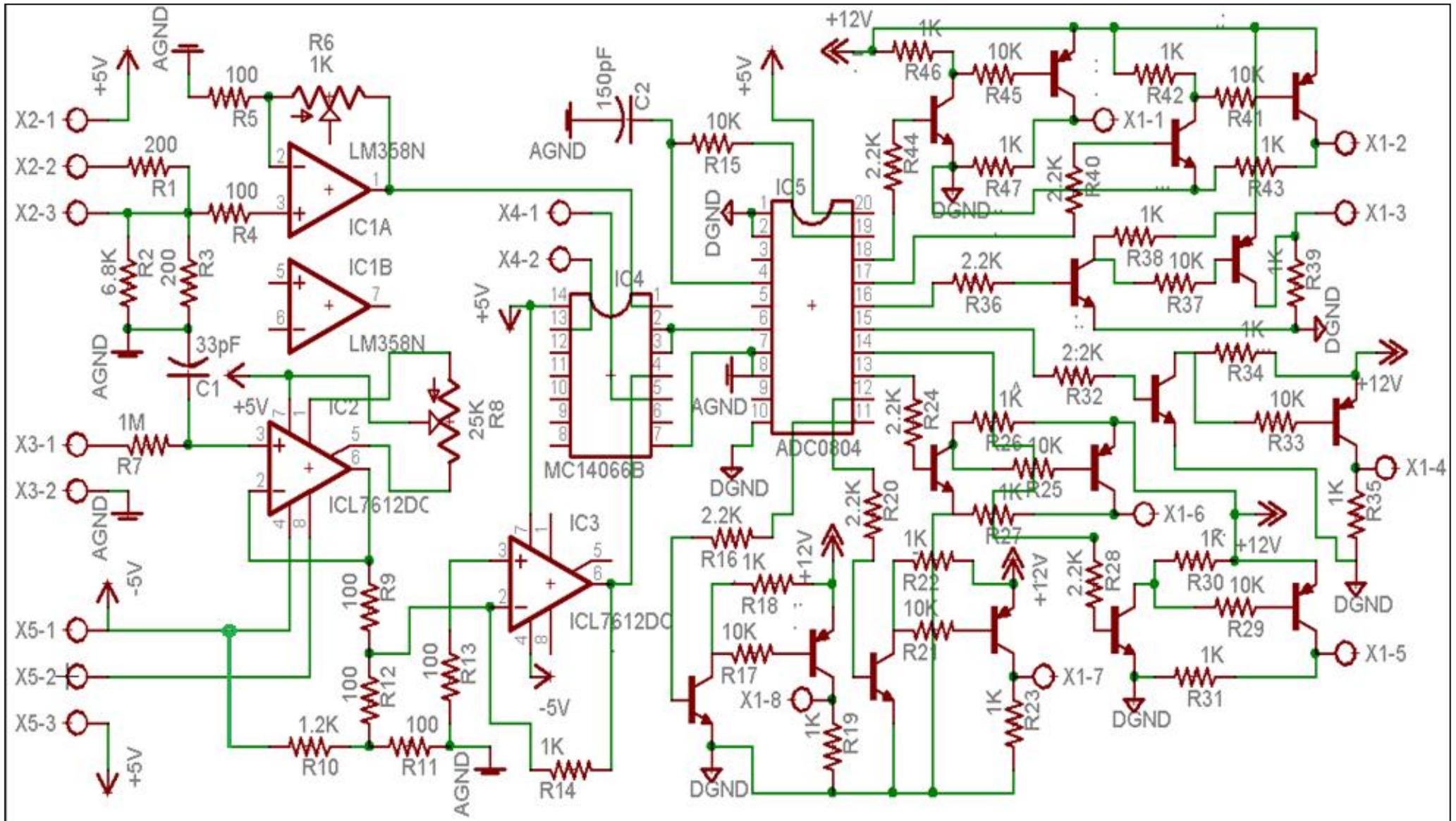
En el esquema 2, se muestra el diagrama esquemático del sistema, el mismo que fue desarrollado usando el software Eagle (Cadsoft), y que a su vez sirvió para desarrollar la tarjeta electrónica.

Finalmente en el esquema 3 tenemos el diagrama esquemático para activar el calentador y mostrar cada una de las salidas del PLC. Así mismo se ha incluido el circuito que genera las tensiones de trabajo requeridas (+5VDC y -5VDC).

ESQUEMA 1: DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA COMPLETO



ESQUEMA 2: DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL SISTEMA COMPLETO



Hacemos lectura de las borneras de conexión, para una ubicación de los componentes en el esquema 2, de la pagina 72 :

X2: Posee tres bornes que conectan al integrado LM35 (Sensor de Temperatura)

X3: Posee dos bornes que conectan al electrodo de pH (HI 1230B)

X5: Posee tres bornes que conectan la alimentación del circuito (+5VDC, -5VDC y GND).

X4: Posee dos bornes que traen la señal de control, desde las salidas Q1 y Q2 del controlador PLC Logo al integrado MC1406B, lo cual posibilita la selección de cualquiera de las dos variables (Temperatura ó pH) para su medición.

X1: Posee ocho bornes que son las salidas digitales, listas para ser llevadas a las entradas del PLC Logo.

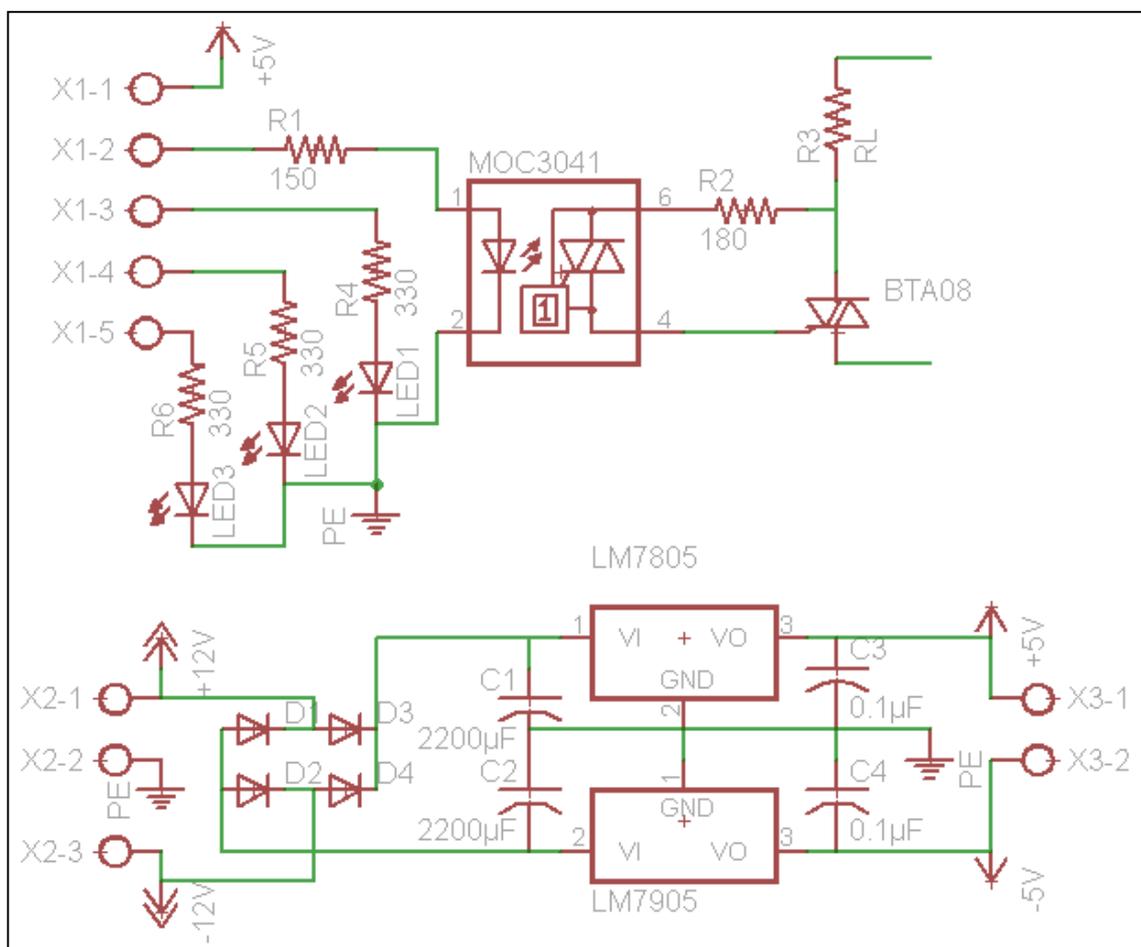
Es importante indicar que en la tarjeta construida con el Esquema 2, se adicionó un borne terminal donde llega la alimentación de +12VDC, desde la fuente del PLC, con finalidad de realizar la amplificación de los valores lógicos, tal y como se fundamento en el capítulo IV.4. (pag.56).

Por otro lado los actuadores del proceso se enlazan con las salidas del controlador, por ello se trabajo en una tarjeta separada, ver Esquema 3. Se tiene un borne X1 de 5 terminales donde el borne X1.2 es para activar la resistencia calefactora, y los bornes X1.3, X1.4 y X1.5 son para encender los diodos led de alarma, indicando que la temperatura supero el valor permitido, y también si el valor de pH esta fuera del rango permitido. Para mayor detalle revisar el capítulo IV.6.1 y IV.6.2 (pag. 64 y pag. 67).

Además es importante indicar que en el mismo esquema 3, se incluye los dispositivos reguladores de voltaje (LM7805 y LM7905) con finalidad de obtener las tensiones de

trabajo requeridos por nuestro proyecto (+5VDC, -5VDC). Para ello se requiere de un transformador que nos proporciona en el secundario +12VAC y -12VAC, las mismas que son conectadas en la bornera X2, para finalmente obtener las tensiones requeridas en la bornera X3.

ESQUEMA 3: DIAGRAMA ESQUEMATICO PARA ACTIVAR LAS SALIDA DEL PLC, ASI COMO GENERAR LAS TENSIONES DE TRABAJO.



Como se indicó en el capítulo IV.7 cada una de las tarjetas electrónicas, además del micro PLC deberán montarse dentro de un tablero de medidas 400x300x200mm (altura, ancho y profundidad). En la siguiente pagina podemos ver el plano mecánico de dicho tablero.

| | | | |
|------|------------|----------------|---------------------------|
| 1 | 12/06/2011 | Walter Mendoza | Aprobado para fabricación |
| Rev. | Fecha | Nombre | Descripción |

PROYECTO DE TESIS:
CONTROL DE TEMPERATURA Y MONITOREO DE PH DEL AGUA EN EL PROCESO DE INCUBACIÓN DE TILAPIAS USANDO PLC.

FECHA:
06.06.2011

TAMAÑO:
A4

AUTOR:
W. MENDOZA

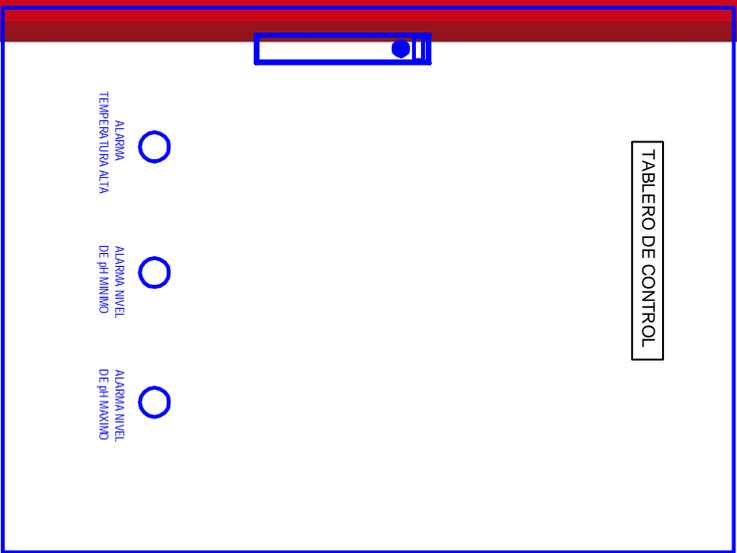
ESCALA:
S/E

TÍTULO:
PLANO MECANICO DEL TABLERO DE CONTROL

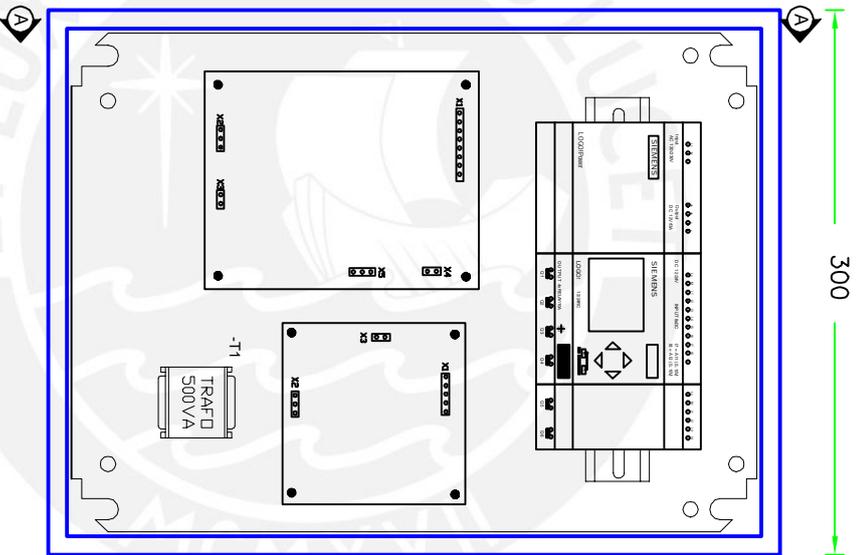
NÚMERO DE PLANO:
100-MEC-001

HOLA: 1/1

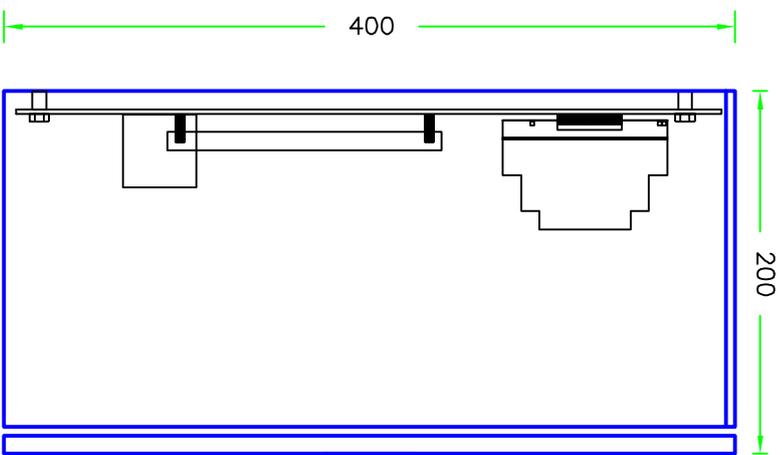
VISTA FRONTAL



VISTA INTERNA



CORTE A-A



CAPITULO V : ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Luego de haber evaluado técnicamente los instrumentos y equipos a utilizar en el capítulo anterior, ahora nos centramos en evaluar el alcance, costo y tiempo del proyecto que vamos a implementar, el cual lleva por nombre Control de Temperatura y monitoreo de pH del agua en el proceso de Incubación de Tilapias.

V.1.- Alcance del proyecto

Cabe enfatizar que el plan inicial era implementar este proyecto en el centro acuicultor Tambo de Mora, Chincha Baja - Ica, pero lamentablemente este centro sufrió daños irreparables durante el terremoto del año 2007. Sin embargo todo el estudio realizado aplica para implementar el sistema en cualquier centro acuicultor e inclusive en diferentes procesos en la línea de crecimiento de alguna otra especie acuícola en cultivo, siempre considerando los valores de temperatura y pH del agua permitidos para cada especie.

A continuación algunos puntos importantes que nos definen el alcance de este proyecto:

- Para un buen desarrollo del proyecto, es necesario conocer el proceso sobre el cual se aplicará el sistema de control, en nuestro caso el proceso de Incubación de Tilapias.
- La selección de instrumentos, circuitos integrados, controlador y demás equipamiento forma parte de nuestro alcance.

- El desarrollo de ingeniería asociado a la integración del equipamiento está definido en este documento y forma parte de nuestro alcance.
- Esta considerado la planificación y estimación del presupuesto para el desarrollo del proyecto.
- En caso de contar con la financiación y autorización del centro acuicultor para la implementación del proyecto, formaría parte del alcance la adquisición del equipamiento, el ensamble del sistema, la programación del PLC, las pruebas del sistema en situ hasta la puesta en servicio.
- Es responsabilidad del centro acuicultor proporcionar facilidades para la ubicación del tablero de control. Además el centro acuicultor brindará apoyo para los trabajos de montaje del tablero e instrumentos.
- La documentación asociada al proyecto, es decir dossier de calidad, datasheet, manuales de instalación, operación y mantenimiento también están incluidos en el alcance.
- Además se ha considerado realizar una capacitación a los trabajadores del centro acuicultor con la finalidad de darle buen uso al sistema, además de familiarizarlos con las bondades de un sistema automático.

V.2.- Costo de Implementación

En la tabla 6 podemos ver a detalle cada uno de los costos que son requeridos para la elaboración del proyecto. Algunas acotaciones para el presupuesto realizado:

- ❖ Se está considerando un margen de ganancia del 20% en el presupuesto realizado. Además el 10% del valor presupuestado forma parte de alguna contingencia.
- ❖ Los precios de los dispositivos importados fueron cotizados incluyendo el impuesto de importación correspondiente. Y se está considerando un tipo de cambio bancario a la fecha, Junio 2011 ($S/3.00 \times US\$ 1$).
- ❖ El costo por los servicios del Ingeniero incluye la responsabilidad del mismo en entregar el sistema completo, garantizando el correcto funcionamiento del mismo, de acuerdo al alcance definido en el capítulo V.1
- ❖ Se ha considerado montar las tarjetas electrónicas, el PLC y los indicadores LED dentro de un tablero Nema 4X, de medidas 400x300x200mm (altura, ancho y profundidad).
- ❖ El gasto de movilidad hace referencia al desplazamiento hacia el centro acuicultor donde se desarrollan las pruebas respectivas. Esto contempla una visita previa durante la implementación y la visita final para la supervisión y ejecución del montaje, además de la puesta en operación del sistema.
- ❖ En el presupuesto estamos considerando que durante las visitas realizadas, el centro acuicultor proporcionará facilidades para la alimentación y hospedaje en caso de requerir permanecer más de un día.

Tabla 6: Presupuesto considerado para la implementación del proyecto.

| Equipos / Dispositivos / Otros | Precio en moneda nacional S/. |
|--|-------------------------------|
| 1. Sensores | |
| 1.1 Temperatura (C.I. LM35) + Encapsulado | 40 |
| 1.2 pH (Electrodo HI1230B) | 250 |
| 2. Control | |
| 2.1 Micro-PLC LOGO! 12/24RCo | 300 |
| 2.2 Cable de Comunicación (PLC-PC) | 200 |
| 2.3 Software de Programación (LOGO!Soft) | 100 |
| 2.4 Modulo de Ampliación | 180 |
| 3. Actuadores | |
| 3.1 Calentador | 30 |
| 3.2 Indicadores de señal | 20 |
| 4. Otros | |
| 4.1 Dispositivos para fuente de alimentación | 50 |
| 4.2 Diseño e implementación de tarjetas impresas | 150 |
| 4.3 Dispositivos para implementación y/o componentes electrónicos (Circuitos integrados). | 300 |
| 4.4 Tablero de Control Nema 4X | 400 |
| 5. Servicios, Ingeniería y Puesta en Servicio | |
| 5.1 Pago por servicios del Ingeniero | 3000 |
| 5.2 Gastos operativos (Impresión de documentos, útiles de escritorio, gastos de internet, etc..) | 500 |
| 5.3 Movilidad al centro acuicultor y/o viáticos | 1000 |
| | |
| TOTAL | S/. 6,520 |

Con el presupuesto detallado en la tabla 6 para llevar a cabo este proyecto, vamos a realizar una evaluación de coste-beneficio que se obtendrá con el nuevo sistema, considerando el tiempo en el cual el centro acuicultor debe recuperar la inversión realizada.

Es importante considerar que para efectos de esta evaluación estamos respetando las cantidades de huevos de Tilapia que se cultivaban en el centro acuicultor Tambo de

Mora, hasta el año 2007, inclusive tomando como referencia los precios de venta por millar de aquella fecha. Por ello el tiempo que encontraremos para recuperar la inversión es una estimación, pudiendo ser mucho menor.

A continuación detallamos cada uno de los puntos a evaluar:

1. Con el proceso de Incubación controlado, se va a detectar el preciso momento en el cual ocurre una variación de la variable medida, reduciendo eficientemente el tiempo de corrección con el que se trabaja en la actualidad. Por ende la producción aumenta considerablemente.
2. El personal del centro acuicultor será instruido por el Ingeniero encargado del proyecto, para el control y manejo del sistema.
3. Se debe considerar que el personal encargado reducirá su actividad, por lo que podrán ejercer otras labores dentro del centro acuicultor.
4. A la fecha de utilización del sistema automatizado se debe documentar la producción mensual, para obtener valores exactos de ingresos.
5. El presente proyecto será implementado para una sola Incubadora, y debemos tener en cuenta que el centro acuicultor hasta la última fecha de operación tenía como medida el ingreso de 3000 huevos a la incubadora, con un porcentaje aproximado de sobrevivencia dentro de la incubadora de 70%, esto debido a no contar con un sistema de control ya antes explicado. En consecuencia con nuestra propuesta estamos estimando 99% de sobrevivencia, ya que si bien tendremos la calidad del agua en los valores permitidos para nuestro cultivo, existe una pequeña probabilidad de perder algunos huevos por contacto entre

ellos y/o algún mal cuidado al momento del ingreso y salida de huevos de la incubadora.

6. A continuación veamos el siguiente cuadro comparativo notando las diferencias de producción entre las cantidades de larvas que se obtenían en el centro acuicultor Tambo de Mora y el sistema que estamos proponiendo:

| | Huevos que ingresan al proceso de Incubación | Porcentaje sobrevivencia | Larvas después Incubación | Cantidad de alevines (venta) |
|------------------------------|--|--------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Sistema C.A. Tambo de Mora | 3000 | 70% | 2100 | 2100 |
| Sistema Propuesto Controlado | 3000 | 99% | 2970 | 2970 |

Cuadro1: Cuadro comparativo entre el proceso de Incubación del C.A. Tambo de Mora (2007) y el sistema propuesto (Controlado)

7. Debemos tomar en cuenta que una vez terminado el proceso de incubación obtenemos larvas ó pequeños alevines, luego de ello se cultivan en estanques en promedio 07 días hasta obtener el tamaño comercial, 2 ó 3cm.
8. Se debe tener en cuenta que los alevines para venta tienen dos precios, dependiendo del peso y/o tamaño (2cm. y 3cm.). Con el sistema en mención se espera producir alevines de 3cm debido al buen cuidado que se les tendrá en su primera etapa de vida.
9. Los precios establecidos por el centro acuicultor para venta a los pequeños criaderos son de S/. 70 por millar de alevines de tamaño 2cm. y S/. 100 por millar de alevines de tamaño 3cm.
10. Considerando de 7 u 8 días el proceso de Incubación, en un mes pueden ingresar hasta 12,000 huevos de tilapia a una sola Incubadora y de acuerdo al cuadro 1 se podría obtener hasta 11880 alevines en un mes, para nuestro sistema controlado.

Veamos el cuadro 2 para analizar los beneficios económicos que lograremos con el sistema controlado.

| | Producción mensual de alevines (venta) | Costo millar (2cm.) | Costo millar (3cm.) | Ingresos mensual en Incubadora |
|------------------------------|--|---------------------|---------------------|--------------------------------|
| Sistema C.A. Tambo de Mora | 8400 | S/. 70.00 | | S/. 588.00 |
| Sistema Propuesto Controlado | 11880 | | S/. 100.00 | S/. 1,188.00 |
| Diferencia | | | | S/. 600.00 |

Cuadro 2: Diferencia de los ingresos por mes entre el sistema de control del C.A. Tambo de Mora y el sistema propuesto (Controlado).

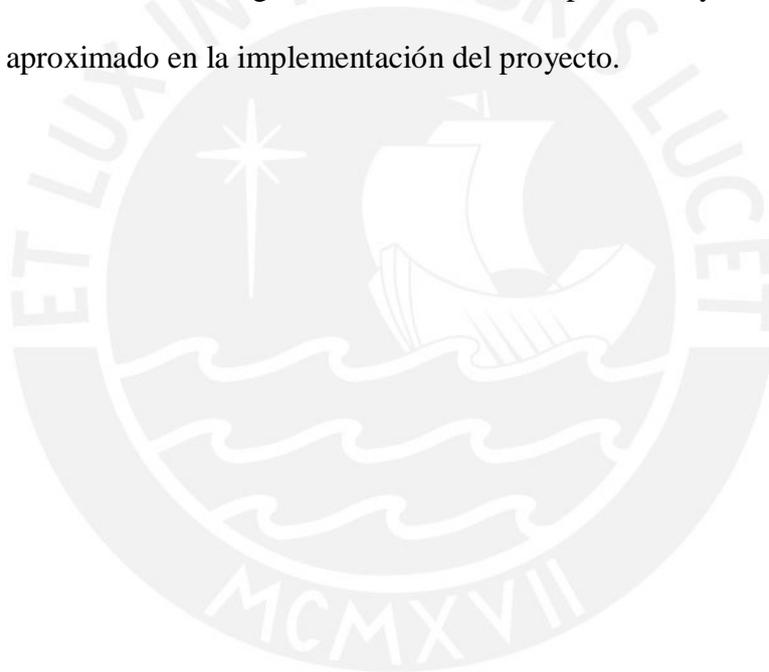
11. Teniendo una diferencia de ingresos mensual de S/. 600.00 entre ambos sistemas, en 11 meses tendremos un aproximado de S/. 6,600.00; con lo cual se habría recuperado la inversión de acuerdo a lo indicado en la tabla 6, de la pagina 79.
12. Es importante recordar que al ser los centros acuicultores de nuestro país dirigidos por la entidad FONDEPES, y esta a su vez sin fines de lucro, estamos considerando que el 100% de ganancia por la venta de alevines utilizando nuestro sistema de control estarán destinados a cubrir la inversión al menos durante los 11 primeros meses. Luego de ello al tener mayor ganancia se podría seguir invirtiendo en incrementar la producción, ya sea adquiriendo mayor cantidad de semillas y obviamente tecnificando los procesos, hasta tener un sistema automatizado del centro acuicultor.

V.3.- Cronograma del Proyecto

A continuación detallamos las actividades y el tiempo considerado para cada una de ellas en la realización completa del proyecto, incluyendo pruebas y correcciones. Esto se muestra en el diagrama de Gantt de la siguiente pagina.

Es de considerar que ya tenemos experiencia en la selección de equipos a utilizar, es por ello que ahorramos tiempo en esa parte.

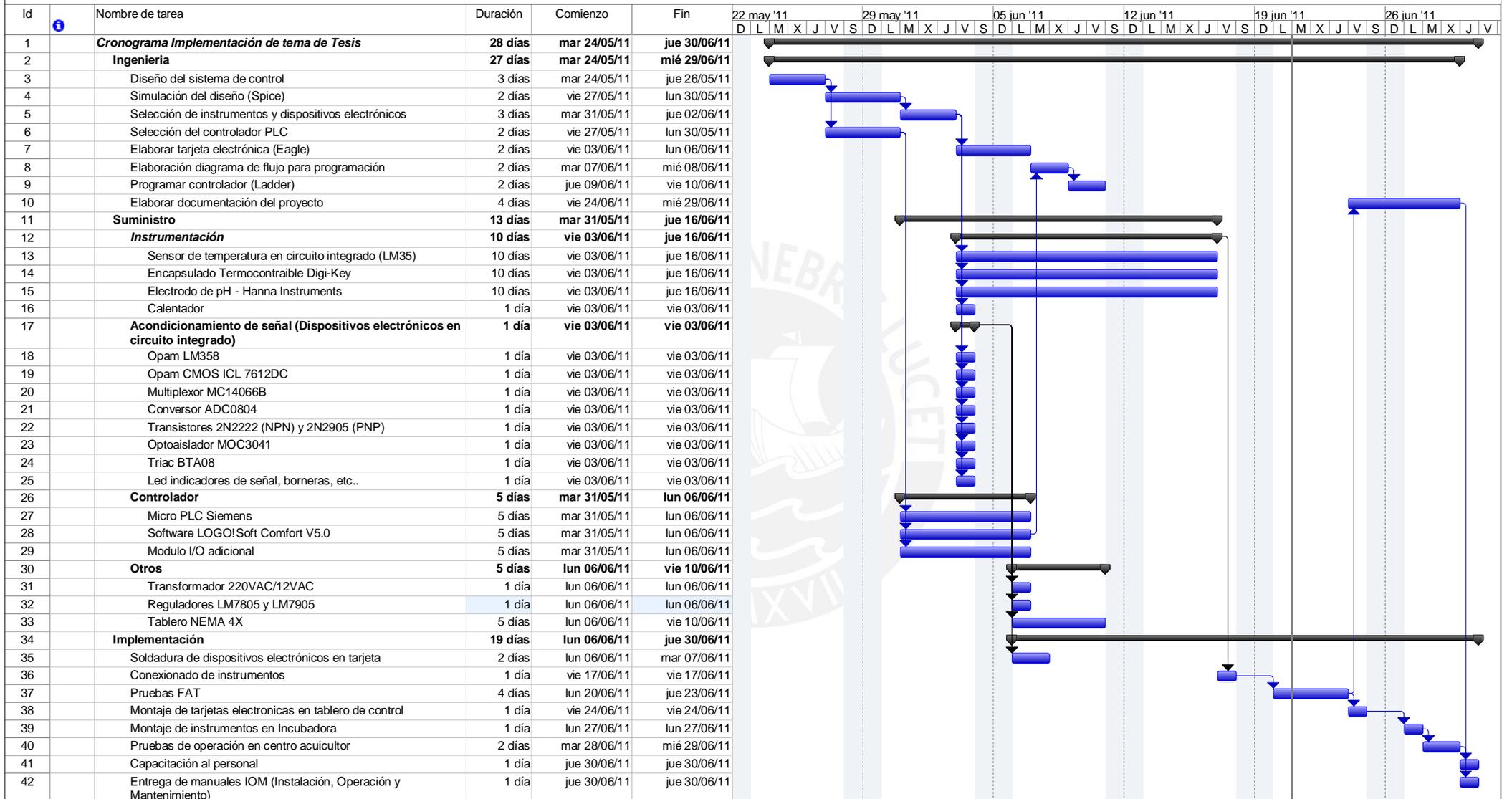
Las fechas mostradas en el diagrama son referenciales pero nos ayudan a darnos cuenta del tiempo aproximado en la implementación del proyecto.



Tema de Tesis: Control de Temperatura y Monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de Tilapias usando PLC

Autor: Walter Mendoza

Fecha: 11.06.2011



CONCLUSIONES

De acuerdo a la propuesta planteada en esta documentación podemos concluir:

1. Con el control automático de la variable temperatura y el monitoreo de pH del agua en el proceso de incubación de Tilapias, aseguramos mayor producción de larvas ó pequeños alevines, al tener estos las óptimas condiciones de su hábitat, que es el agua. Cabe señalar que el aumento de producción se debe a la reducción de mortandad de la especie tratada.
2. Los rangos máximos y mínimos permitidos de las variables temperatura y pH fueron considerados para el proceso de Incubación de Tilapias, primera etapa de vida de la especie; sin embargo este proyecto puede ser aplicado para otro proceso en la etapa de crecimiento de la misma especie u otra especie acuícola. Para ello solo debemos setear los rangos permitidos de estas variables en nuestro controlador, estos datos deben ser proporcionados por el centro acuicultor ó por algún biólogo interesado en el tema.
3. Desde un inicio se consideró implementar el sistema en el centro acuicultor Tambo de Mora, Chincha, provincia de Ica, para ello tomamos como referencia datos y valores proporcionados por dicho centro acuicultor para la implementación de nuestro proyecto; pero este centro acuicultor dejó de operar en el año 2007, luego del fatal terremoto sufrido en nuestro país. Sin embargo de acuerdo a lo descrito en el punto 2, el estudio realizado en este proyecto nos permite adecuar el sistema propuesto para ser utilizado en otros centros acuicultores inclusive considerando otras especies acuícolas.

4. Para el desarrollo de nuestra propuesta, hemos considerado y respetado las normativas de una gestión de proyecto exitosa. Para ello se definió en el capítulo V el alcance del mismo, el tiempo propuesto para el desarrollo y el costo de la implementación; además de garantizar la calidad del proyecto por tener esta documentación certificada de cada uno de los instrumentos y/o equipos utilizados para el desarrollo, además de realizar pruebas de operación antes de la entrega del proyecto.
5. Al tener el sistema funcionando de manera automática facilitamos la labor del personal que opera en el centro acuicultor, evitando que realice muestras de medición periódicos donde además es posible cometer error en la medición. En cambio con nuestro sistema bastará con hacer seguimiento a los indicadores del proceso, en caso de variar el parámetro pH, ya que la variable temperatura se regula de manera automática.
6. Como se analizó en el capítulo V.2 el costo de la implementación de nuestro sistema es de S/. 6,520.00 (Seis mil quinientos veinte con /00 nuevos soles), y se espera el retorno de esta inversión en 11 meses, considerando las cantidades y precios de venta de alevines del centro acuicultor en referencia. Luego de ello se espera mayores ingresos en el centro acuicultor y así mejorar y/o aumentar la producción adquiriendo mayor cantidad de semillas.

RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta las siguientes recomendaciones para un buen uso del sistema automatizado y obtener los mejores resultados:

- El tablero de control requiere una fuente externa 220VAC, 60Hz, 1Ø. De preferencia esta tensión deberá ser estabilizada.
- Evitar instalar el sistema cerca de equipos que puedan causar ruido eléctrico, como por ejemplo motores o grupos electrógenos.
- Una vez terminado el proceso de incubación tenemos larvas o pequeños alevines que deberán permanecer 7 u 8 días en pequeñas piscinas llamadas piscigranjas, hasta obtener el tamaño adecuado para la venta (3cm). Se recomienda tomar las precauciones y el control de los parámetros del agua dentro de la piscigranja así como una adecuada alimentación, para lograr tener la misma cantidad de larvas que salen de la incubadora hasta ser convertidos en alevines listos para la venta a los pequeños criaderos.
- El personal del centro acuicultor deberá ser capacitado e instruido para el manejo del controlador e instrumentos con la finalidad de conocer el sistema de control y pueda tener mayor practicidad para operar los equipos.
- En caso de tener el proceso de incubación sin medición de pH, se recomienda almacenar el electrodo de pH en la solución suministrada con el instrumento y seguir las pautas indicadas en la hoja técnica del equipo.
- El centro acuicultor una vez recibido y con el sistema operando deberá prever la adquisición de repuestos para cada uno de los circuitos integrados e instrumentos de medición.

ANEXO A

ANEXO A.1.- PROGRAMA LADDER DEL PROCESO

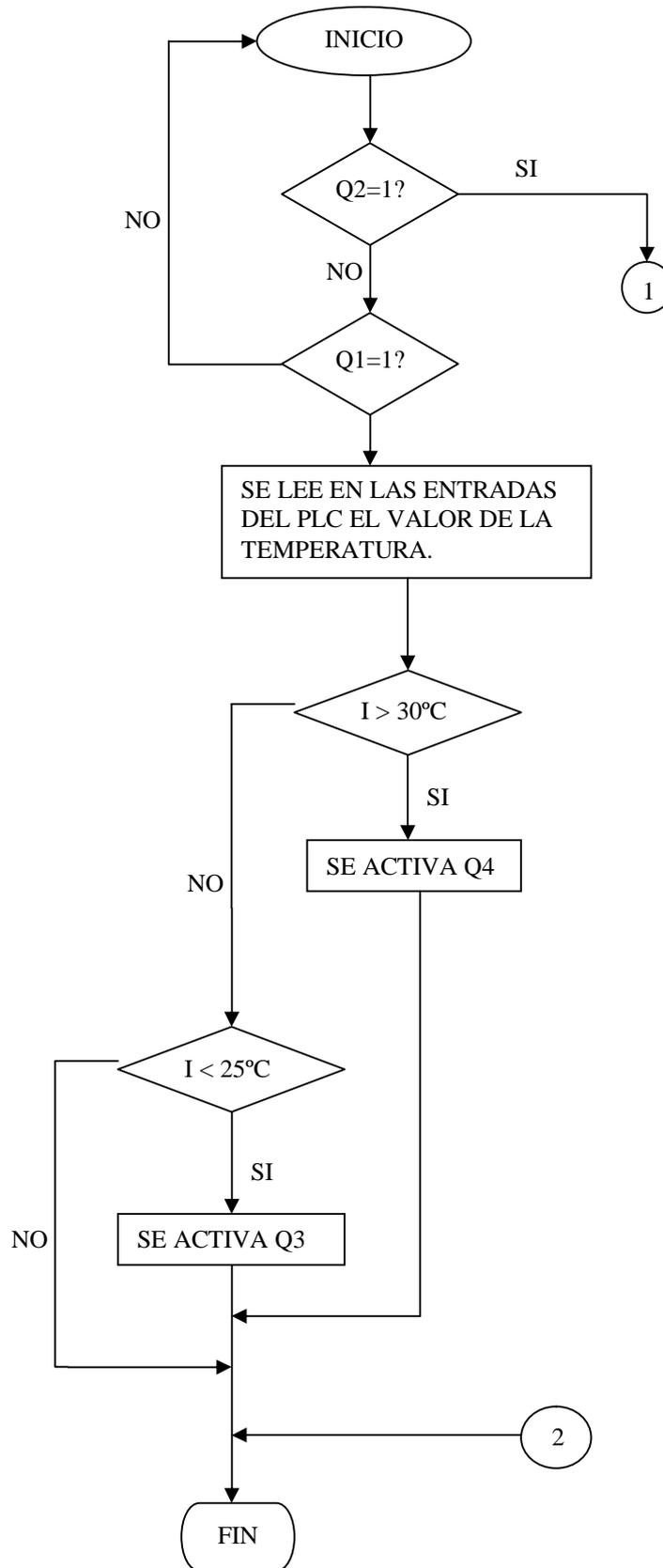
Para la elaboración del programa se usa un diagrama de flujo que facilitó el trabajo de programación del PLC Logo; el software utilizado es el LOGO!Soft Comfort V5.0.

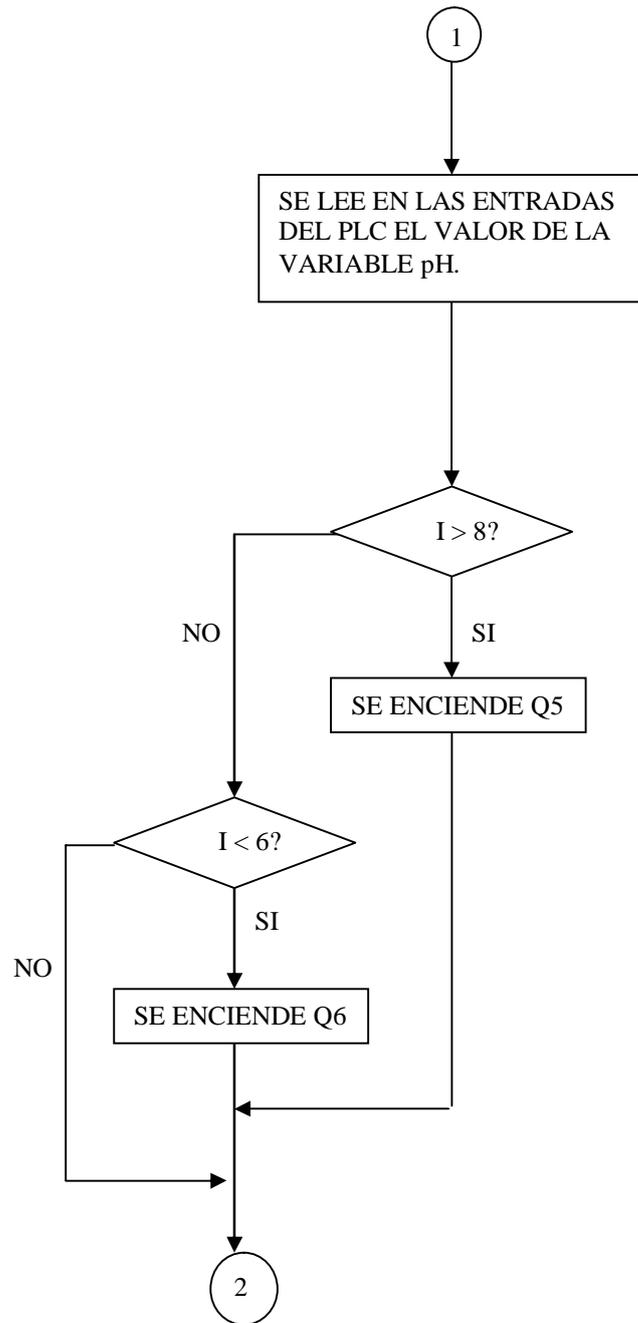
Antes de analizar el diagrama se mencionan las variables que forman parte de este:

- Q1: Salida del controlador que al activarse indica que se desea leer el valor de la variable temperatura.
- Q2: Salida del controlador que al activarse indica que se desea leer el valor de pH.
- Q3: Salida del controlador que se activa cuando la Temperatura del agua cae por debajo de los 25 °C.
- Q4: Salida del controlador que se activa cuando la Temperatura del agua supera el valor de los 30°C.
- Q5: Salida del controlador que se activa cuando el valor de pH es mayor a 8.
- Q6: Salida del controlador que se activa cuando el valor de pH es menor a 6.
- I1..8: Entrada que representa el valor de la variable a medir en formato binario (8 bits).

Tenemos que considerar que el PLC Logo utilizado cuenta con ocho entradas digitales, por lo cual cada entrada representa un bit, siendo la entrada I8 el bit más significativo (MSB), y el I1 el bit menos significativo (LSB). Además este controlador tiene 4 salidas tipo relé, permitiendo de esta manera tener el control de la variable temperatura; en el programa se está considerando dos salidas adicionales (Q5 y Q6) que son alarmas de la variable pH.

A continuación mostramos el diagrama de flujo utilizado para la programación:





De acuerdo al diagrama de flujo, tenemos 03 programas que nos facilitan el control del sistema completo; estos son:

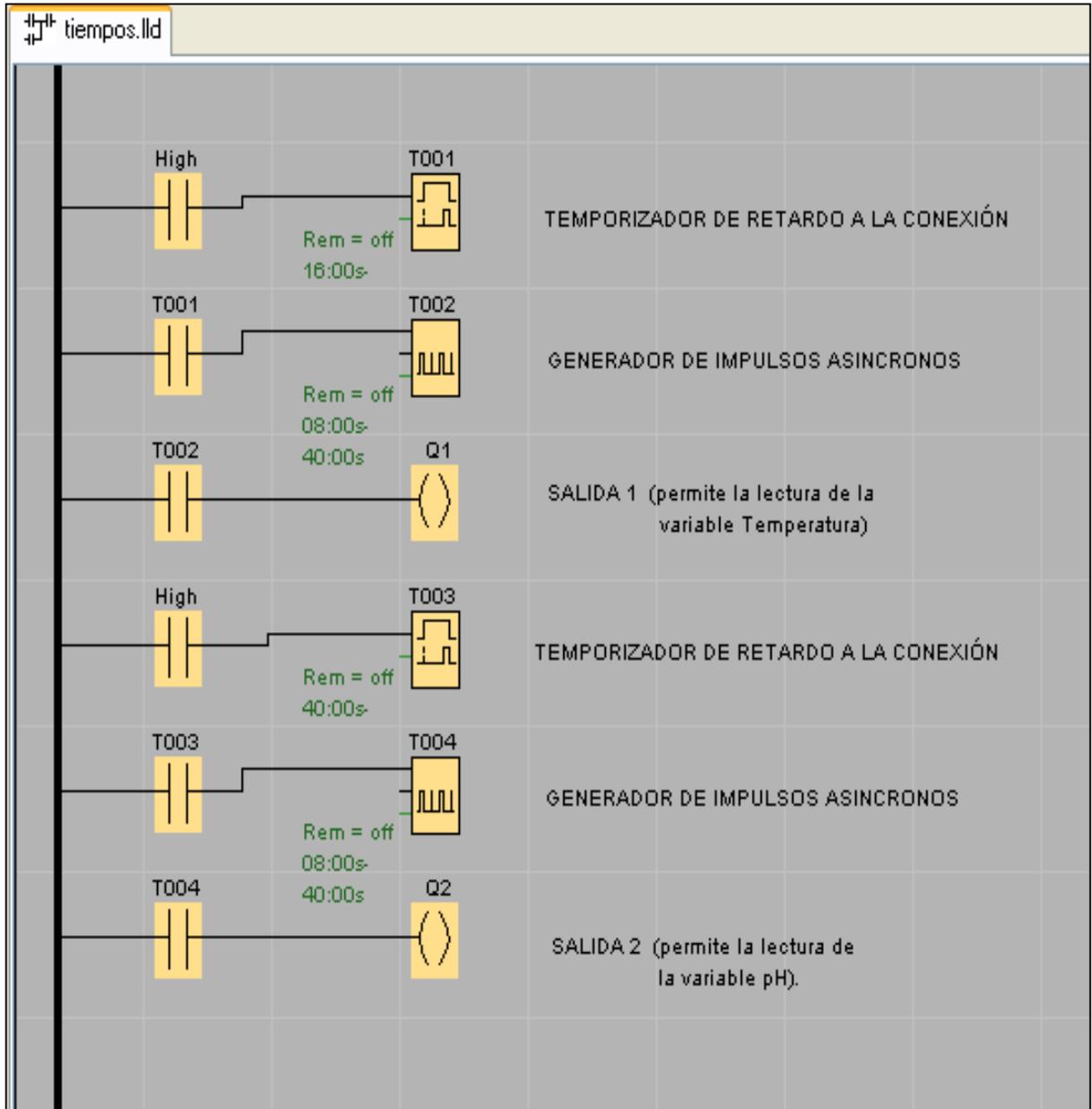
- Programa 1: Selección de salidas Q1 y Q2, para activar lecturas de variables Temperatura y pH, por periodos.
- Programa 2: Control de la variable Temperatura. Activa las salidas Q3 y Q4 de acuerdo al valor leído en las entradas del PLC.
- Programa 3: Monitoreo de pH. Activa las salidas Q5 y Q6 de acuerdo al valor leído en las entradas del PLC.

En el programa 1 utilizamos temporizadores para que las salidas Q1 y Q2 se activen de forma continua y alternada, cada 16 segundos con una duración en alta de 8 segundos cada salida. A continuación mostramos el cuadro N° 3, en el cual se detalla los contactos, bobinas y temporizadores usados en el programa 1.

Cuadro 3: Descripción de variables utilizadas en el programa 1

| | |
|------|--|
| High | Contacto Lógico que siempre se encuentra activado. |
| T001 | Temporizador de retardo a la conexión. |
| T001 | Contacto Lógico que se acciona luego de 16 seg. de activado el temporizador. |
| T002 | Temporizador que genera impulsos asíncronos. |
| T002 | Contacto Lógico que se cierra por 8 seg. y se abre por 40 seg. una vez activado el temporizador. |
| Q1 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. |
| T003 | Temporizador de retardo a la conexión. |
| T003 | Contacto Lógico que se acciona luego de 40 seg. de activado el temporizador. |
| T004 | Temporizador que genera impulsos asíncronos. |
| T004 | Contacto Lógico que se cierra por 8 seg. y se abre por 40 seg. una vez activado el temporizador. |
| Q2 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. |

PROGRAMA 1: *Tiempos de activación para medir las señales de Temperatura y pH.*



El segundo programa tiene por finalidad controlar la temperatura. Para ello según el programa 1, la salida Q1 debe indicar que es posible la lectura de las 8 entradas digitales. En los 8 segundos que Q1 permanece activado se realiza la comparación de la variable medida con los extremos del rango permitido:

Temperatura mínima en binario: 10001000 (decimal = 136)

Temperatura máxima en binario: 10100101 (decimal = 165)

Cabe mencionar que el rango de medición de temperatura es de 2° hasta +40°C, y de acuerdo a nuestras 8 entradas digitales tenemos un rango decimal desde 0 hasta 255. Es importante también señalar que los valores indicados en el sistema binario para efectos de comparación, han sido obtenidos en base a la calibración durante la medición de la señal.

Luego en el tercer y último programa monitoreamos la variable pH, y para esto los valores de rango máximo y mínimo en el sistema binario son:

Valor de pH máximo permitido: 01001101 (decimal = 77)

Valor de pH mínimo permitido: 10000000 (decimal = 128)

De acuerdo a lo descrito en el capítulo IV.1.2, la relación del valor de pH es inversa con su equivalencia en voltaje. Esto quiere decir que a mayor valor de pH tendremos menor valor de voltaje.

A continuación presentamos la descripción de las variables que son utilizadas en los programas 2 y 3 del proyecto.

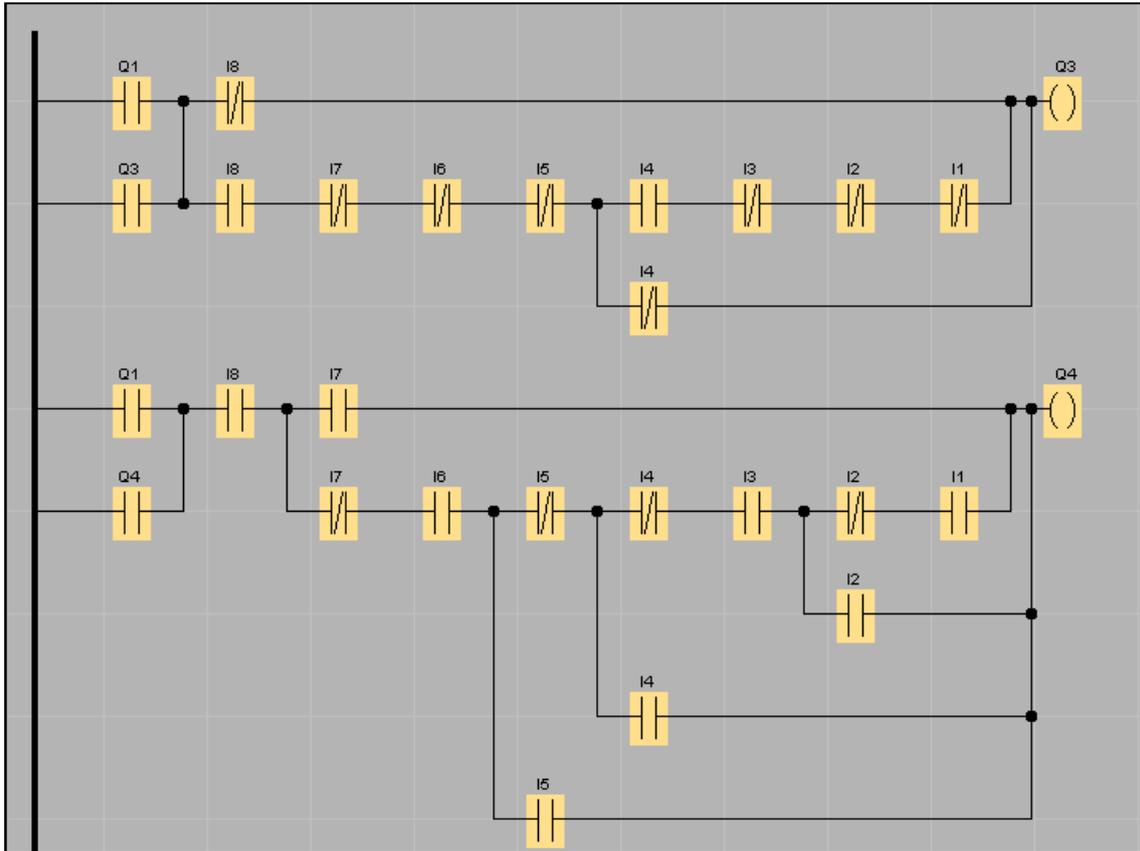
Cuadro 4: Descripción de variables utilizadas en el programa 2 y 3.

| | |
|----|--|
| I1 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I2 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I3 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I4 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I5 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I6 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I7 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| I8 | Contacto Lógico de entrada utilizado como N.A. ó N.C. según convenga en programación. |
| Q3 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. Indica Temperatura baja. |
| Q4 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. Indica Temperatura alta. |
| Q5 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. Indica pH > 8. |
| Q6 | Bobina que al activarse cierra los contactos de la salida relé. Indica pH < 6. |

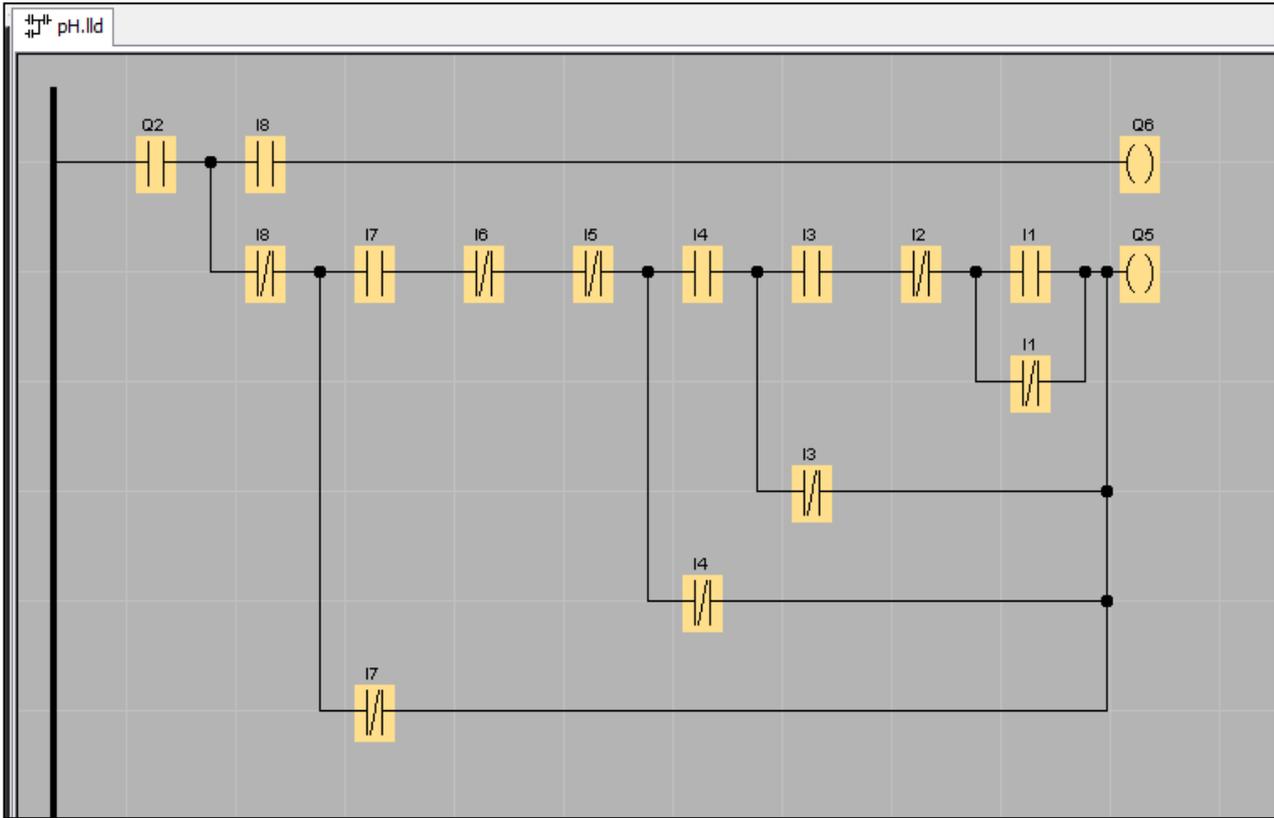
N.A. Indica contacto Normalmente Abierto.

N.C. Indica contacto Normalmente Cerrado.

PROGRAMA 2 : Control de la variable Temperatura



PROGRAMA 3: Monitoreo de la variable pH.



ANEXO A.2.- HOJA DE DATOS

Adjunto en CD.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] AIE (Asociación Industria Eléctrica-Electrónica de Chile A.G.)
2004 Sistemas Térmicos en la Industria. Sensores de temperatura - sistemas de control. El Periódico de la Acuicultura.
http://www.aie.cl/prensa/periodico_acuicultura-misionsalmon.htm
- [2] BELTRÁN, Enrique
1997 El Océano y sus recursos, Procedimientos Generales de la Acuicultura
Fondo de Cultura Económica, México
Página Web: <http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/>
- [3] BALTAZAR, Paúl M.
2007 Manual de Cultivo de Tilapias en estanques
Perú: Gerencia de acuicultura, Fondo nacional de desarrollo pesquero FONDEPES
- [4] CARRANZA Raymundo
2001 Automatización: Tópicos de Instrumentación y Control
Dirección Académica de Investigación: PUCP. Primera Edición
- [5] CENTRO DE ENTRENAMIENTO PESQUERO DE PAITA.
2002 “Cultivo de Tilapia Roja” *Oreochromis spp.*
Capacitación para el desarrollo pesquero
- [6] CUENCA, Eugenio Martín y ANGULO, Jose María
1996 “Un gran reto para la ingeniería: La Industria de la Acuicultura”.
Ref. Revista: DYNA. Volumen: 71 Pagina, inicial: 12 – final: 17.
Bilbao
- [7] FLORES, Patricia
2002 Manual De Crianza De Tilapia.
Perú.

- [8] KISNER BUENO, Marcos
2003 Pesca y Acuicultura Marina
Encuentro medioambiental almeriense: en busca de soluciones
Pagina Web: <http://listas.rcp.net.pe/pipermail/oannes/20031026/011373.html>
- [9] REMEDIOS, Luis
2001 El controvertido tema de la acuicultura rural de pequeña. Escala en el mundo.
Invitación al debate.
Cuba.
- [10] REVISTA GESTIÓN TÉCNICA
2002 ¿Qué es la acuicultura?
Fuente SAGYP
- [11] RODERICK, Erik
2001 Tilapia: A Truly Global Aquaculture Industry.
Global Aquaculture ADVOCATE, 6(6): 46 - 49.
- [12] SALGADO BROCAL, Mario
2000 El Control Automático: esa tecnología cotidiana pero invisible
Universidad Técnica Federico Santa María
Pagina Web: http://www.emol.com/modulos/realmedia/utfsm/utfsm_1027.html
- [13] YI, Yang
2001 Cage – Cum – Pond. Integrated Aquaculture System Recycle Wastes.
Global Aquaculture ADVOCATE, 4(6): 65 – 66