



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Tecnología
Ingeniería Electrónica

Tema

Sistema Integrador de Variable automatizado acoplado a un biorreactor para la producción de lipasa con hongo filamentoso *Aspergillus sp* por el método AOAC y MAA-BIOTEC-FQ-008, en el Laboratorio de Biotecnología de la UNAN Managua, julio-diciembre del 2020.

Autores:

Pablo José Vallecillo López
Agustín Junior Vega Treminio

Tutor: MSc. Milciades Delgadillo

Asesora Metodológica: Karen María Acevedo Mena

Managua, julio-diciembre del 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas, quienes han sido de gran ejemplo y apoyo durante todo el periodo de nuestra carrera.

A nuestros familiares queridos a quienes ha sido un gran apoyo y nunca dejaron de darnos su apoyo incondicional, sus consejos y ejemplo.

Le dedicamos todo nuestro trabajo y esfuerzo realizado durante los años de mi carrera a nuestros familiares y amigos, quien ha sido un soporte constante, en los momentos más críticos de esta etapa de nuestra vida, quien ha sido la base de un esfuerzo y quien nos enseñaron a salir adelante sin importar la situación.

Nuestros familiares, quienes nos demostraron día a día, que la vida está llena de luchas constante, pero que siempre se puede salir adelante, quienes han apoyado cada una de nuestras ideas, sin importar cuantas veces caigo, ellos siempre estarán ahí para levantarnos.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios nuestro señor por proporcionar las fuerzas y capacidad de terminar.

A Zulma Pérez y Romel Uriarte quienes fueron de gran ayuda para elegir el lugar de la propuesta del Proyecto de desarrollar un sistema de variables de control.

A mi tutor Milciades Delgadillo y Metodóloga Karen María Acevedo Mena, por el tiempo y dedicación brindada para la elaboración del documento, a mi compañero Agustín Treminio por el trabajo arduo y el soporte constante de mis buenas críticas.

A las autoridades de UNAN – Managua por promover a la información y dar espacios para realizar levantamientos de campo de trabajo.

A todos mis amigos y personas especiales que estuvieron apoyándonos.

VALORACIÓN DEL TUTOR

RESUMEN

En el presente proyecto se podría controlar dos variables físicas principales, en procesos de microbiología, las dos variables críticas y que se puso en práctica para tener control con precisión el ambiente interno del integrador de variables, (pH y Temperatura) también de controlar agitación permanente a bajas rpm el cual se homogeniza el medio de cultivo.

El diseño de un instrumento que mida, monitoree, controla y mantener el medio en condiciones precisa de crecimiento de *Aspergillus sp*, el cual tiene condiciones de temperatura de 35°C y de pH de 6, es un proceso que dura tiempos de 8 horas y días de proceso donde el tiempo de prueba se dejó las condiciones óptimas, para que el proceso automatizado, tomando muestra cada 24 horas por 96 horas.

El software se realizó en programación de uso libre, donde se declaró cada proceso que el microcontrolador debe de realizar para mantener las condiciones óptimas, también se emitieron procesos de control, visualización y de accionamiento de activación de los diferentes actuadores.

Con las diferentes normativas que se rigen el laboratorios se establecieron dos, mencionadas en el documento las cuales indican los criterios de calibración de del módulo pH y la estabilización de la temperatura.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	ANTECEDENTES	3
3.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
4.	JUSTIFICACIÓN.....	6
5.	OBJETIVOS.....	7
5.1.	Específicos	7
6.	MARCO TEÓRICO.....	8
6.1.	Diseño del Hardware	8
6.2.	Diseño del Software.....	8
6.3.	Sistema de control.....	9
6.3.1.	<i>Elementos de control.</i>	9
6.3.2.	<i>Variable de control.</i>	9
6.4.	Sensor.....	9
6.5.	<i>Señal de referencia</i>	9
6.6.	Actuador	10
6.7.	Actuadores eléctricos.....	10
6.8.	Controlador.....	10
6.9.	Sistema de control de bucle cerrado.....	11
6.10.	Instrumentación electrónica.....	11
6.11.	Transductores y sensores.....	12
6.11.1.	<i>Principio de transducción térmico.</i>	13
6.11.2.	<i>Resistencia calefactora.</i>	13
6.12.	Sensores de pH.....	13
6.12.1.	<i>El funcionamiento de sus partes se sintetiza.</i>	14
6.12.2.	<i>El funcionamiento del sensor de pH.</i>	14
6.13.	Bomba peristáltica.....	15
6.13.1.	<i>Principios y funcionamiento.</i>	16
6.13.2.	<i>Componentes principales de la bomba peristáltica.</i>	16
6.14.	Sensor de temperaturas dallas 18B20.....	17
6.14.1.	<i>Generalidades.</i>	17

6.14.2.	Caracterización del sensor 18B20.....	17
6.15.	Microcontrolador Atmega328	20
6.16.	Componentes electrónicos	22
6.16.1.	Pulsadores.....	22
	Diagrama eléctrico del pulsador	23
6.16.2.	Diodos LED.....	23
6.16.3.	Tarjeta Easy driver L298N.....	23
6.16.4.	Motores DC.....	24
6.16.5.	Las principales partes del motor DC.	25
6.16.5.1.	Estator.....	25
6.17.6.	El motor de 12 voltios y especificaciones.....	27
7.	DISEÑO METODOLÓGICO	29
7.1.	Tipo de Estudio.....	29
7.2.	Área de estudio.....	29
7.3.	Universo y Muestra.....	29
7.4.	Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos e información	
	30	
7.5.	Procedimientos para la recolección de datos e información.....	30
7.6.	Matriz de Operaciones de variables.....	31
7.7.	Matriz de Descriptores.....	32
7.8.	Plan de análisis y procesamiento de datos e información	32
8.	DESARROLLO	33
8.1.	Analizar los instrumentos necesarios para la construcción del equipo de medición que permita realizar precisión en tiempo real de las variables temperatura y pH.	33
8.1.1.	Metodología.....	33
8.1.2.	Sensor pH.....	34
8.1.3.	Especificaciones del módulo 4502C.....	35
8.1.4.	El diagrama electrónico del módulo pH 4502C.....	39
8.1.5.	Formulación del circuito pH.....	41
8.1.6.	Simulación en proteus del sensor pH.	44
8.1.7.	Calibración del sistema potencio métrico.....	44

8.1.8.	Principio físico del sensor de temperatura.	45
8.1.9.	Sensores de temperatura.	45
8.1.10.	<i>Resistencia de calefacción y atenuador de corriente</i>	50
8.1.11.	<i>Atenuador de corriente.</i>	51
8.1.12.	<i>Bombas peristálticas.</i>	52
8.1.13.	<i>Caracterizaciones de las bombas peristálticas.</i>	53
8.1.14.	<i>Ventajas de la bomba peristáltica.</i>	54
8.1.15.	<i>Aspa de Agitación.</i>	54
8.1.16.	<i>Diseño del aspa para el prototipo.</i>	55
8.1.17.	<i>Eje de agitación.</i>	55
8.1.18.	<i>Aspa de agitación.</i>	56
8.1.19.	<i>Estabilización de la fuente.</i>	57
8.1.20.	<i>Pantalla LCD.</i>	58
8.1.21.	<i>Modulo I2C.</i>	59
8.1.22.	<i>Modulo L298N.</i>	60
8.1.23.	<i>Control de velocidad del Agitador.</i>	61
8.2.	Diseñar código c++ avr-libc, software que permita controlar automáticamente las mediciones más precisas para las variables pH y temperatura	
	62	
8.2.1.	<i>El algoritmo.</i>	62
8.2.2.	<i>Estructura de programación C++ que permita manipulas las variables.</i>	
	63	
8.2.3.	<i>Estructura de software.</i>	63
8.2.4.	<i>Programa a utilizar.</i>	64
8.2.5.	<i>Diagrama de flujo del software.</i>	65
8.3.	Desarrollar prototipo de medición precisa a escala de mesa para laboratorio que pueda sostener una población de bacterias anaerobias estable y constante.	
	66	
8.3.1.	<i>Identificación de variables con la analista.</i>	66
8.3.2.	<i>Diagrama de Bloque de flujo.</i>	67
8.3.3.	<i>Biorreactor diagrama de flujo.</i>	68
8.3.4.	<i>Diagrama Unifilar del Prototipo de medición.</i>	68
8.3.5.	<i>Especificaciones de diseño.</i>	69
8.3.6.	<i>Módulo de alimentación.</i>	71

8.3.7.	<i>Módulo de procesamiento.</i>	72
8.3.8.	<i>Módulo de visualización.</i>	73
8.3.9.	<i>Diagrama eléctrico del prototipo de medición de precisión.</i>	74
8.3.10.	<i>Simulación de circuito y funcionamiento.</i>	74
8.3.11.	<i>Determinar los pines de conexión de cada componente.</i>	76
8.3.13.	<i>Diseño de algoritmo y software.</i>	78
8.3.14.	<i>Pruebas de funcionamiento realizadas en el Laboratorio.</i>	79
8.3.15.	<i>Resultados y discusión de mediciones en dos punto de pH.</i>	79
8.3.16.	<i>Prueba de medición de una sustancia neutra.</i>	79
8.3.17.	<i>Pruebas en el Laboratorio.</i>	80
8.3.18.	<i>Manual de inicialización del sistema.</i>	82
8.3.19.	Tabla y grafica con resultados de análisis en un plazo de 96 horas que el equipo en funcionamiento.	84
8.4.	Presupuesto del Equipo de medición.	87
9.	CONCLUSIONES.	89
10.	RECOMENDACIONES	90
11.	BIBLIOGRAFÍA.	92
	Bibliografía	92
12.	ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Diagrama de Control Extraído de (García, 2013)	11
Ilustración 2 Electrodo de pH.....	15
Ilustración 3 forma física de una placa de Arduino uno	21
Ilustración 4 Pulsador	22
Ilustración 5 Circuito de pulsadores.....	23
Ilustración 6 Tarjeta Easy driver Extraída de (Lizama y López, 2016)	24
Ilustración 7 Partes de Motor.....	26
Ilustración 8 Motor cc fuente propia	28
Ilustración 9 Tomado de google Earth	29
Ilustración 10 Referencias de voltajes del pH.....	35
Ilustración 11 Modulo pH 4502C con sonda E201	35
Ilustración 12 Diagrama electrónico del módulo pH 4502C fuente propia	39
Ilustración 13 Sonda e201 pH fuente propia.....	41
Ilustración 14 Simulación de voltajes de pH Fuente propia.....	44
Ilustración 15 cortocircuitado para calibración del módulo Realización propia	45
Ilustración 16 Sensor 18B20 TO-92 Extraído de (Llamas, 2016).....	46
Ilustración 17 Sonda sensor de temperatura fuente propia.....	47
Ilustración 18 Rango de error (Llamas, 2016)	47
Ilustración 19 Diagrama eléctrico del sensor 18B20 extraído de (Factory, 2019) ..	48
Ilustración 20 Grafica de la corriente de trabaja del 18B20 fuente propia	49
Ilustración 21 Diagrama de circuito sensor 18B20 fuente propia	50
Ilustración 22 Diagrama esquemático de la calefacción	50
Ilustración 23 Atenuador de corriente fuente propia.....	51
Ilustración 24 Tipos de bombas peristálticas utilizadas (Trujillo, 2016).....	52
Ilustración 25 Eje de agitador con unión cónica Fuente propia	56
Ilustración 26 Aspa elaboración propia.....	56
Ilustración 27 Etapa de transformación de la energía extraído de (García V. , 1999)	57
Ilustración 28 Diagrama de Bloque de la transformación de la energía extraído (Francisco, 2018).....	57
Ilustración 29 Diagrama de pantalla LCD extraído de (Lizama y López, 2016)	58
Ilustración 30 Diagrama I2C 8574 extraído de (Alldatasheet, 1999).....	59
Ilustración 31 Diagrama interno del L298N	60
Ilustración 32 Diagrama de control de velocidad elaboración propia.....	61
Ilustración 33 Diagrama de flujo del software fuente propia.....	65
Ilustración 34 Diagrama de bloque de flujo fuente propia.....	67
Ilustración 35 Diagrama de flujo fuente propia	68
Ilustración 36 Diagrama unifilar del sistema de medición	68
Ilustración 37 Diagrama esquemático del prototipo fuente propia	70

Ilustración 38 Diagrama de bloque de medición de temperatura y pH fuente propia	70
Ilustración 39 fuente de 12 y 5 voltios fuente propia	71
Ilustración 40 Módulos de procesamiento fuente propia.....	72
Ilustración 41 Diagrama de visualización de pantalla LCD y i2c en proteus	73
Ilustración 42 Diagrama de conexión eléctrico del prototipo fuente propia.....	74
Ilustración 43 Simulación de circuito medición de variables primer menú	74
Ilustración 44 Simulación de circuito medición de variables primer menú Bomba de agua encendida	75
Ilustración 45 Simulación de circuito medición de variables segundo menú	75
Ilustración 46 Sistema de medición simulado en proteus	76
Ilustración 47 Momento de calibración de sensor de temperatura Fuente propia ..	81
Ilustración 48 Cambio de temperatura con hielo en funcionamiento Fuente propia	82
Ilustración 49 Grafica del crecimiento del microorganismo ambiente controlada fuente Romel Uriarte analista	85
Ilustración 50 Línea recta de crecimiento según el valor Y fuente Romel Uriarte analista	86
Ilustración 51 Carcasa del prototipo Fuente propia	1
Ilustración 52 Inicio del proyecto Fuente propia	1
Ilustración 53 Carcasa de prototipo y carcasa para Calefacción Fuente propia	I
Ilustración 54 Resistencia de Calor por recirculación Fuente propia	III
Ilustración 55 Sonda elaborada con sensor 18B20 Fuente propia.....	III
Ilustración 56 Prueba de calibración y medición de temperatura con el software Fuente propia	IV
Ilustración 57 Calibración del sensor 18B20 con termómetro de mercurio Fuente propia.....	IV
Ilustración 58 Lectura con termómetro de mercurio registrando 30 °C	V
Ilustración 59 Diagrama elaborado en fritzing	V
Ilustración 60 Conexión de sonda de temperatura	VI
Ilustración 61 Esquema de Modulo L298N elaboración propia.....	VI
Ilustración 62 Integrado L298N	VII
Ilustración 63 Modulo L298 Fuente propia	IX
Ilustración 64 Conexión de modulo L298N Fuente propia.....	X
Ilustración 65 Diagrama eléctrico del Módulo L298N	X
Ilustración 66 Diagrama del módulo de pH 4502C	XI
Ilustración 67 Soluciones de ph para calibrar facilitado por el Laboratorio	XI
Ilustración 68 Conexión del módulo de pH Fuente propia	XII
Ilustración 69 Sonda de pH fuente propia	XII
Ilustración 70 Visualización de la calibración con el búfer de 4.01 Fuente propia.	XIII
Ilustración 71 Primeras pruebas del pH Fuente Propia.....	XIII
Ilustración 72 Diagrama de ATmega328	XIV
Ilustración 73 Tarjeta Arduino conexión fuente propia	XIV
Ilustración 74 Conexión de Botonera, I2C y pantalla LCD Fuente propia.....	XV
Ilustración 75 Modulo de relé conexiones Fuente propia.....	XV

Ilustración 76 Motor de agitador Fuente propia	XVI
Ilustración 77 Módulo de control de velocidad Fuente propia	XVI
Ilustración 78 Diagrama de control de velocidad elaboración propia.....	XVII
Ilustración 79 Datasheet de IRF640	XVIII
Ilustración 80 Datasheet del L298N extraído de la hoja de datasheet	XIX
Ilustración 81 Integrador de Variable en el Laboratorio de Microbiología fuente propia.....	XX
Ilustración 82 Datasheet BT136	XXII
Ilustración 83 Datasheet Diac.....	XXIII
Ilustración 84 Datasheet del TLC 4502 Extraída de (TLC4502, 1998).....	XXIV
Ilustración 85 Datasheet del LM358	XXV
Ilustración 86 Datasheet del diodo TL431 (Instruments, 2004)	XXVI
Ilustración 87 Diagrama de Circuito del prototipo fuente propia	XXVII
Ilustración 88 Circuito de pH simulado en Proteus fuente propia.....	XXVIII
Ilustración 89 Carta de aprobación de funcionamiento hecha por la Doctora Lacayo.....	XXX
Ilustración 90 Carta de funcionamiento de equipo por el analista Romel Uriarte	XXXII

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Caracterización del sensor de temperatura DS18B20.....	18
Tabla 2 Características Eléctricas DS18B20	19
Tabla 3 Caracterización del ATmega328	21
Tabla 4 Modulo L298N	24
Tabla 5 Caracterización de modulo pH 4502C.....	36
Tabla 6 Potencial de las medidas de pH en (mV)	37
Tabla 7 Comparativa de los módulos de Ph	38
Tabla 8 Caracterización técnicas de la sonda pH E201.....	41
Tabla 9 Caracterización del sensor de temperatura	46
Tabla 10 Rango de temperatura	48
Tabla 11 Dosificador Base	53
Tabla 12 Dosificadora de ácido.....	53
Tabla 13 Caracterización de la pantalla LCD.....	58
Tabla 14 Caracterización del módulo I2C.....	60
Tabla 15 Ubicación de componente en pines asignado.....	77
Tabla 16 Valores en mV de la escala de pH.....	78
Tabla 17 Resultado de pruebas de ph	80
Tabla 18 Resultados de las mediciones de temperatura	80
Tabla 19 Sistema de funcionamiento de cada componente.....	83
Tabla 20 Resultados de las 96 horas de trabajo del prototipo de medición	84
Tabla 21 Unidad de medida que se resta según las horas tomadas en el control .	86
Tabla 22 Presupuesto del prototipo de medición	88
Tabla 23 Información de pines	VIII
Tabla 24 Conexiones L298N	IX
Tabla 25 Presupuesto del integrador de variables.....	XXI

1. INTRODUCCIÓN

Desde que el bioquímico Sören Sörensen inventó la escala de pH en 1909, esta variable se ha tenido en cuenta en distintos ámbitos, siendo el control en procesos de cultivos, uno de los más importantes que se realizan en el laboratorio, Anders Celsius, fue un físico y astrónomo sueco, creador de la escala termométrica que lleva su nombre el cual la unidad de medida es °C.

En este sentido, es fundamental conocer los niveles de pH y temperatura de un medio de cultivo: la primera proviene de los pH extremos que inciden en la disponibilidad de nutrientes necesarios para el crecimiento del hongo *aspergillus sp*; la segunda, de complicaciones que surgen durante el proceso de crecimiento es la temperatura, que puede afectarlas hasta el punto de matar el microorganismo. (Zambrano. Camelo. Méndez y Valderrama, 2018)

El presente prototipo es un sistema de medición precisión, realizado en el Laboratorio de Biotecnología de la UNAN Managua, ubicado en el Recinto Ricardo Morales Avilés y que se llevará a cabo en el periodo de junio-diciembre del 2020.

El prototipo de medición o sistema, en el que se lleva a cabo un proceso químico y biológico que involucran organismos o sustancias bioquímicamente activas derivadas de dichos organismos. El proceso puede ser aeróbico o anaeróbico, estos biorreactores son comúnmente cilíndricos, variando en tamaño desde algunos mililitros hasta metros cúbicos y son usualmente fabricados en acero inoxidable.

El prototipo de medición puede ser también un dispositivo o sistema empleado para hacer crecer células o tejidos en operaciones de cultivo, estos equipos se encuentran en desarrollo para su uso en ingeniería de tejidos. En términos generales, las mediciones simulan ciertas condiciones ambientales propicias como (pH y temperatura).

El diseño de los biorreactores es una tarea de ingeniería relativamente compleja, en el que los microorganismos son capaces de realizar sus funciones fisiológicas en condiciones controladas.

Las condiciones ambientales de medición que mantendrá temperatura, pH y velocidad de agitación o circulación, deben ser cuidadosamente monitoreadas y controladas.

El biorreactor es el centro de todo proceso biotecnológico, donde el diseño y el análisis dependen del conocimiento de la cinética de las reacciones biológicas y de los balances de materia y energía, esta metodología se hace muy compleja debido a las catálisis biológicas y del medio de cultivo. (Mihelcic, 2012)

- a) Estos biorreactores se clasifican principalmente en tres grandes grupos:
- b) Reactor de tanque agitado.
- c) Reactor de disco rotatorio.
- d) Reactor airlift.

2. ANTECEDENTES

El proyecto innovara con un biorreactor con sistema de control de mediciones físicas, es el primero en realizarse en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad Nacional (UNAN Managua), ubicado en el Recinto Ricardo Morales Avilés, es importante conocer las problemáticas que se presenta, las modificaciones que se realizarán al instrumento y el análisis de utilización de parte de estos trabajos previos como base para nuevas investigaciones.

Se parte de la condición que siempre es posible extraer contenido útil de la experiencia ajena, en especial tratándose del mismo sistema y de la utilización de los mismos componentes y variables físicas (pH y Temperatura).

Cabe resaltar que en el 2019 se realizaron análisis con biorreactores que no cuentan con un sistema de control de variable de automatización y se han realizado algún montaje pero el equipo debe de estar siendo monitoreado por el personal que esté realizando el debido proceso de muestreo.

Por tal motivo es importante que la Universidad realice investigaciones en este tipo áreas, por ello el biorreactor es considerado una herramienta indispensable para el estudio y aprovechamiento de la biomasa a través de la biodegradación de los residuos orgánicos.

Ya que permite cultivar bacterias anaerobias, las cuales son encargadas del proceso fermentativo para la obtención de biogás en un ambiente controlado (Laboratorio). Así mismo se pueden observar más fácilmente procesos con la utilización de los sustratos, que en el trabajo de campo no son fácilmente observables.

Rosales-López, C. realizo un estudio sobre los bioprocesos en la biotecnología: uso de biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interés comercial. Tecnología en Marcha. Centro de Investigación en Biotecnología. (Rosales, 2019)

Por otra parte, Ortuño elaboró un prototipo de biorreactor basado en un sistema semiautomático de intercambio del medio de cultivo presente en una siembra de células, que permite mantener unas condiciones de cultivo óptimas (Ortuño, 2016), y por consiguiente, garantizar la supervivencia celular.

No obstante, el acceso a estos equipos de investigación y con altos estándares de calidad son escasos ya que las empresas que fabrican estos sistemas se Biorreactor tipo Fed-Batch 1800 se encuentran en países desarrollados como España, Alemania, China entre otros y con precios de alrededor de € 20.000 (Serrat-Díaz & Méndez-Hernández, 2015) lo que dificulta su adquisición por parte de universidades y comunidades científicas.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El diseño y construcción de un biorreactor anaerobio tipo Fed-Bach, permitirá mantener la precisión, esenciales para los procesos de degradación y producción de lipasa, así como proporcionar un instrumento de medición totalmente funcional para nuevos estudios.

Hablar de un proceso sin que la instrumentación esté presente es casi imposible, la mayoría de los procesos hoy en día involucran en gran manera la instrumentación electrónica y precisión, debido a que es el grupo de elementos que sirven para medir, controlar o registrar variables físicas de un proceso con el fin de optimizar los recursos utilizados.

El área de microbiología del Laboratorio de Biotecnología se realizan estudios de producción de microorganismo y hongos al servicio de diferentes empresas para el tratamiento de diferentes contaminantes, sin embargo en los último años se ha visto la necesidad de un sistema de medición y control de variables físicas para obtener mejor precisión en los estudios realizados de producción de lipasa. ¿Podría mejorar los diferentes procesos de fermentación y de adquisición de datos el prototipo y remediar el tiempo ocupado por el analista?

En el Laboratorio de Biotecnología, actualmente se trabaja en Biotecnología ambiental y es por eso que se trabaja con microorganismo biológico como es el estudio de bacterias y hongos que son utilizadas para investigaciones de biodegradación de contaminantes como es el caso de los contaminantes orgánicos persistentes y los metales pesados.

4. JUSTIFICACIÓN

La precisión en adquisición de datos donde las variables físicas (temperatura y pH), durante el proceso de crecimiento constituyen una ventaja tecnológica e importante en el área de procesos biotecnológicos.

Si se cuenta con el proceso de estabilidad de control, las variables físicas del sistema, el crecimiento fúngico en condiciones fisicoquímicas óptimas, para una mejor producción, (lipasa).

Hasta el momento de la realización del prototipo, en el Laboratorio de Biotecnología de la UNAN Managua, no se han realizado estudios acerca de la medición de datos, monitoreo y control de variables físicas y químicas en Biorreactor, por lo que este proyecto sentará las bases para futuros trabajos en esta área, además estos sistemas en el área biotecnológica son un instrumento útil en el laboratorio de microbiología de la UNAN Managua.

Ya que en el mercado internacional el costo de un biorreactor es de 2500 euros más el 6% de envío, por tal motivo se presenta la propuesta del prototipo para solventar las necesidades de Laboratorio.

El propósito principal es realizar más precisión en las mediciones de la variable para el crecimiento de *Aspergillus sp*, el cual tiene condiciones de 35 °C de temperatura y un pH de 6 unidades en la escala de acides.

5. OBJETIVOS

Desarrollar Sistema de estabilidad de variable físicas, automatizado y acoplado a un biorreactor para la producción de lipasa con hongo filamentoso *Aspergillus sp* por el método AOAC y MAA-BIOTEC-FQ-008.

5.1. Específicos

- a) Analizar los instrumentos necesarios para la construcción del equipo de medición, que permita realizar con precisión en tiempo real las lecturas de las variables físicas de pH y temperatura.
- b) Diseñar el código c++ avr-libc software que permita controlar automáticamente las mediciones establecidas para la variables pH y temperatura.
- c) Desarrollar prototipo de medición precisa a escala laboratorio que pueda sostener una población de bacterias anaerobias estable y constante.

6. MARCO TEÓRICO

El objetivo en esta etapa es tener un sistema de medición de precisión en base a los requerimientos iniciales de las variables.

Aprendizaje del funcionamiento básico en un sistema de medición en un tanque agitado de mesa para la obtención de lipasa mediante un proceso “on batch” (por tandas) usando como materia prima el hongo *Aspergillus sp.*

Se hace una reseña de los elementos teóricos que han dado la fundamentación para la realización de la presente investigación aplicada, los principios teóricos relacionados con: las mediciones en el Biorreactor, ya que las la producción de lipasa se consideran que la temperatura apropiada es de 30°C y que el pH óptimo es de 6.

6.1. Diseño del Hardware

El diseño constituye dispositivos electrónicos con la capacidad de medir la información a través de dispositivos (electrónicos), como sensores, unidad de procesos, almacenamiento, monitor que realizan tareas específicas para el desarrollo del acondicionamiento de las señales y la etapa de potencia, la interfaz de hardware debe de cumplir con las especificaciones de funcionalidad del sistema de control. (Pérez y Pérez, 2015)

6.2. Diseño del Software

Consiste en aquellos elementos del sistema que no tiene naturaleza física y que se usan para el procesamiento de la información y estabilidad, que suelen realizar instrucciones de datos, recolección de datos, monitoreo de información y control de actuadores. (Pérez y Pérez, 2015)

6.3. Sistema de control

Sistema de medición y control dinámico puede definirse conceptualmente como acciones externas o mediciones de entrada, y cuya respuesta son las denominados accionamientos de salidas.

Las acciones externas al sistema se dividen en dos grupos, variable de control, que se pueden manipular y perturbaciones sobre las que no es posible ningún tipo de control. (García, 2013)

6.3.1. Elementos de control.

En todo sistema de medición y control aparecen claramente diferenciados una serie de elementos característicos al mismo que es necesario clasificar:

6.3.2. Variable de control.

Generalmente se le conoce como señal de salida. Constituye la señal que deseamos que adquiera unos valores determinados anteriormente descritos la señal de salida o variable a controlar sería la temperatura ambiente y pH.

6.4. Sensor

Es el elemento que permite captar el valor mediciones física a controlar en determinados instante de tiempo, en este caso propuesto consistirá en la estabilidad de la temperatura y la acides del pH.

6.5. Señal de referencia

Consigna el valor que deseamos que adquiera la señal de salida (objeto de control) en este prototipo indicaría la temperatura y pH que deseamos que tenga el biorreactor. (García, 2013)

6.6. Actuador

El elemento del sistema que modifico la señal de salida en el caso de la calefacción y pH el cual consistiría mantener los rangos asignados.

Un actuador corresponde a cualquier mecanismo que permita ejecutar una acción, estos dispositivos son los encargados de realizar una modificación de estado de sistema, en respuesta a una señal de entrada proveniente del elemento primario y modificando su naturaleza física para que pueda ser manipulada por un indicador o transmisor.

6.7. Actuadores eléctricos

La estructura de un actuador eléctrico es simple, ya que solo se requiere energía eléctrica como fuente, es altamente versátil y prácticamente no hay restricciones respecto a distancia entre la fuente y el actuador, existen una gran variedad de modelos y es fácil utilizarlos como motores eléctricos estandarizados según la aplicación.

Los relés de estado sólido están contruidos con semiconductores ya que deben tener características de soportar potencia y frecuencia de conmutación, los fabricantes actualmente proveen una serie de actuadores como motores, sensores, válvulas, relevadores e interruptores. (Jimeno, 2018)

6.8. Controlador

Regulador del elemento que comanda al actuar en función del control, regulador tendría como misión de activar la resistencia de calor y los dosificadores. (García, 2013)

6.9. Sistema de control de bucle cerrado

Existe una retroalimentación donde la señal de salida o variable a medir, compara la medición a controlar con la señal de referencia de forma que en función, esta diferencia entre una y otra el controla modifica la acción sobre los actuadores. (García, 2013)

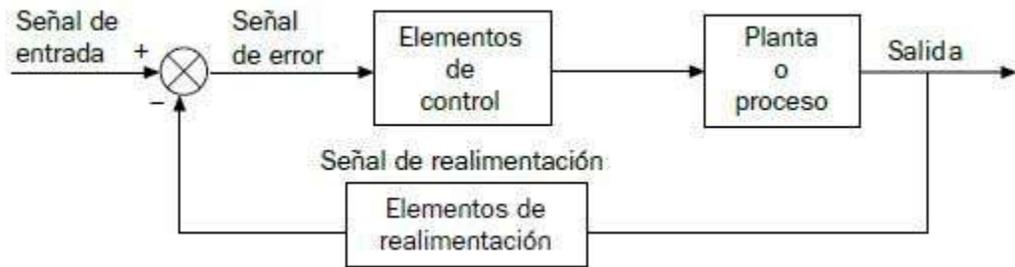


Ilustración 1 Diagrama de Control Extraído de (García, 2013)

6.10. Instrumentación electrónica

La ciencia y la tecnología se caracterizan por la necesidad de generar y estabilizar las mediciones de variables físicas, donde los equipos tecnológicos que tienen como misión determinar la magnitud de una variable, visualizar, generarla, o convertirla en otra diferente.

La electrónica aplicada es el área de tecnología que estudia las características en los dispositivos electrónicos y la forma de interconectarlo para realizar circuitos y sistemas que captan información de señales eléctricas. (Pérez, 1995)

Para el análisis y la síntesis de los circuitos y sistema electrónico es necesario:

- a) Medir los parámetros de las señales eléctricas presentes en diferentes puntos de los mismos.
- b) Aplicar determinadas señales eléctricas en ciertos puntos para comprobar su comportamiento

Instrumentos de medida y visualización que son sistemas eléctricos que realizan la evaluación de uno o varios parámetros en una señal eléctrica y se presenta de forma gráfica, numérica o alfanumérica, la presentación se realiza en la unidad de medida adecuada para el parámetro a medir y de acuerdo con el sistema de unidades adoptado.

Instrumentos convertidores de señales que son dispositivos o circuitos electrónicos que convierten la señal eléctrica o no eléctrica, en otra señal con características y rango determinados, cuyo parámetros están contenidas toda la información correspondiente a la primera.

Los dispositivos que situados en cierto medio genera una señal (función de alguna característica de dicho medio) una determinada forma física (temperatura y pH) y convertirla en otra señal en una forma diferente, estos dispositivos reciben el nombre de sensores. (Pérez, 1995)

6.11. Transductores y sensores

Define como aquel dispositivo que es capaz de convertir una variable física en otra que tiene un dominio diferente, de acuerdo a esta definición es posible afirmar que un transductor forma parte del sensor o un actuador, pero la diferencia entre un sensor, actuador radica en que simplemente cambia el dominio de la variable.

6.11.1. Principio de transducción térmico.

El calor es una forma de energía presente en los sistemas. La cantidad de calor contenido en un sistema no puede ser medida directamente, aunque con los instrumentos apropiados si es posible medir cambios de temperatura.

$$J = -K \frac{AT}{Ax}$$

La temperatura desempeña un papel importante, ya que constituye una medida de nivel al calor presente en un objeto pero la forma de correlacionar la temperatura con algún otro tipo de energía es muy variada, cuando se desea convertir energía eléctrica en energía térmica en general se hace uso de alta dependencia que existe entre la temperatura y corriente eléctrica a través de un dispositivo electrónico.

6.11.2. Resistencia calefactora.

Este tipo calefactor basa su funcionamiento en el principio descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 descubrió que en todo conductor, por el cual circula una corriente eléctrica, parte la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.

$$P = R * I^2.$$

6.12. Sensores de pH

El pH es un transductor entre la acides en una solución y una señal eléctrica, estos sensores son muy usados en los laboratorios debido a que es imprescindible controlar el pH de las sustancias usadas en procesos químicos.

$$pH = pKa + \log\left(\frac{sal}{ácido}\right)$$

El pH es utilizada para referirse al potencial de hidrogeno en una sustancia, este parámetro determina el grado de acidez o la alcalinidad de las sustancias, en mili voltio y su rango es determinado de 0 a 14 unidades donde 7 significa un valor neutro 0 voltios. (Ramírez. Jiménez y Carreño, 2016)

- a) Un medidor de pH consiste de tres partes básicas:
- b) Un electrodo sensitivo (en general de vidrio)
- c) Un electrodo de referencia
- d) Un medidor de temperatura

6.12.1. El funcionamiento de sus partes se sintetiza.

El electrodo sensitivo (inmerso en la solución, se encarga de generar un voltaje proporcional al valor de pH detectado.

El electrodo de referencia se encarga de mantener un valor de voltaje fijo, sin importar variaciones de temperatura, la diferencia entre el voltaje en el electrodo sensitivo y el electrodo fijo será proporcional al pH de hidrogeno en la solución.

La mayoría de los sensores pH están calibrados de fábrica para registrar un valor de 0 voltios correspondiente a un valor de pH de 7 a 25°C.

6.12.2. El funcionamiento del sensor de pH.

Cuando un el electrodo entra en contacto con solución de sales o ácidos se genera un pequeño potencial de voltaje, lo mismo sucede cuando dos liquido se ponen en contactó o para lo que solo basta colocar una membrana que los mantenga sin mezclarse por completo.

$$E_b = 0.06 \log \frac{(aH + de)}{(aH + di)}$$

Este potencial se conoce como electroquímico que consiste en una diferencia de iones a ambos lado de la membrana lo cual produce por una parte, una diferencia en la carga eléctrica y por otra parte una diferencia en la concentración química de ambas sustancias. (Ramírez. Jiménez y Carreño, 2016)

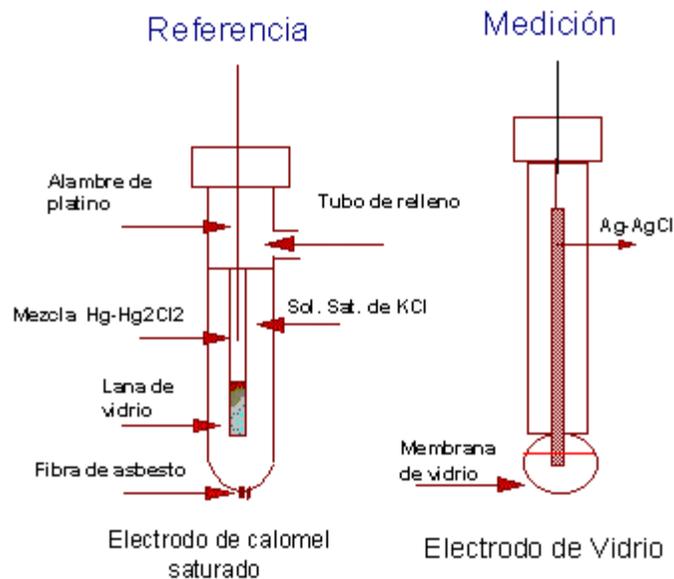


Ilustración 2 Electrodo de pH

(Bussi, 2004)

6.13. Bomba peristáltica

Es una bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible colocado dentro de una cubierta circular de la bomba.

El mecanismo más común cuenta con dos o tres rodillos que giran en un compartimiento circular comprimiendo en forma progresiva una manguera especial flexible, las bombas peristálticas constan de una tubería flexible, entre 3 y 25 mm de diámetro, que al ser comprimida sucesivamente por unas ruedas que giran continuamente, obligan a circular al líquido en la dirección de giro. (Toro, 2015)

6.13.1. Principios y funcionamiento.

Se comprime un conducto flexible en forma progresiva desplazando el contenido a medida que la compresión va avanzando por el conducto. Es similar a lo que ocurre cuando presionamos un tubo de dentífrico o pintura.

Para emular el movimiento muscular progresivo, el mecanismo más utilizado está compuesto de 2 o 3 rodillos que giran en un compartimiento circular comprimiendo en forma progresiva una manguera especial flexible. (Toro, 2015)

6.13.2. Componentes principales de la bomba peristáltica.

6.13.2.1. Carcasa o cubierta de la bomba

Es la parte exterior en la bomba y cumple la función de alojar la manguera que al ser presionada realiza la función de bombeo del fluido. El material de construcción de la misma depende del tipo de función y del fabricante según las especificaciones de bombeo.

6.13.2.2. Manguera

Es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro va ubicada dentro de la carcasa y queda presionada por cada vuelta que da el rotor con los rodillos móviles. (Motovario, 2003)

6.13.2.3. Rodillos móviles

Ubicados en el rotor de la bomba peristáltica son los que ejercen presión para hacer fluir el líquido. La acción rotación mueve el producto en el interior de la manguera, con una velocidad de desplazamiento constante, sin deslizamiento. (Toro, 2015)

6.13.2.4. Descripción general del equipo

La bomba peristáltica está conformada principalmente por: motor, cuerpo o carcasa de la bomba, rodillos móviles ubicados en los extremos del rotor y de una manguera utilizada para el bombeo del fluido.

El motor induce movimiento al rotor, este movimiento giratorio, alternativamente comprime y descomprime la manguera usando los rodillos adjuntos a él. De esta manera se aspira el fluido y se transmite a través de la manguera. (Toro, 2015)

6.14. Sensor de temperaturas Dallas 18B20

El sensor de temperatura es un dispositivo que transforma los cambios físicos, a señales eléctricas que son procesadas por equipo electrónico.

6.14.1. Generalidades.

El DS18B20 es un termómetro digital que provee medidas de temperatura Celsius desde 9-bits a 12-bits y posee una función de alarma con puntos de umbral superior e inferior no volátiles programados por el usuario. Se comunica sobre un bus 1-Wire que por definición requiere solo una línea de datos (y tierra) para comunicarse con el microprocesador central. (Sierra, 2017)

6.14.2. Caracterización del sensor 18B20.

Posee rangos de medidas comprendido entre -55° y 125° grados Celsius como temperaturas más extremas, pero no todo el rango tiene el mismo error debido a factores externos, alteraciones del medio o al circuito eléctrico. Para el rango intermedio de -10 a 85°C tiene una tolerancia al error de $\pm 0,5$ grados y para los rangos extremos restantes entre esos -55 y 125°C el error es de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

Otra característica importante es la resolución del sensor, el cual nos permite trabajar en un rango variable de resoluciones, ajustando la precisión, esto es, la variación mínima medible entre dos temperaturas el rango varía entre 9 y 12 bit y trabaja con 5 voltios a una corriente de 10 a 40 mA.

Tabla 1 Caracterización del sensor de temperatura DS18B20

Características del DS18B20 (Sensor digital)	
Resolución	9 y 12 bits
Rango de Operación	-50 a 125 °C
Precisión	+/- 0.5°
Protocolo	OneWire

Fuente Propia

Está compuesto por el encapsulado impermeable y por el cableado que nos permite conectar al microcontrolador. Este cableado está formado por tres pines de salida:

- a) DQ: Es el pin que transfiere los datos a nuestro programa a través del protocolo OneWire.
- b) GND: El sensor se conectará a la toma de tierra por medio de este pin.
- c) VDD: La conexión a la tensión de alimentación, haciendo que el sensor funcione al alimentarse a los 5V de salida de la placa. (Jimeno, 2018)

Tabla 2 Características Eléctricas DS18B20

Características Eléctricas DS18B20							
(-55°C a +125°C; Vdd=3.,0V a 5.5V)							
Parámetro	Símbolo	Condiciones		MIN	TYP	MAX	Unidad
Voltaje de suministro	Vdd	Poder local (nota 1)		+0.3		+5.5	V
Tención de alimentación	Vpu	Poder parásito	(Notas 1,2)	+0.3		+5.5	V
		Poder local		+0.3		Vdd	
Error de Termómetro	ERR	-10°C a +85°C	(nota 3)			+/- 0.5	°C
		-55°C a 125°C				+/-0.2	
Entrada lógica baja	Vil	(nota 1, 4,5)		-0.3		+0.8	V
Entrada lógica baja	Vih	Poder local	(nota 1, 6)	+2.2	El más bajo De5.5 a Vdd +0.3		V
		Poder parásito		+3.0			
Corriente de hundimiento	IL	Vi/O=0.4V		4.0			mA
Corriente de Espera	Idds	(nota 7, 8)			750	1000	nA
Corriente activa	Idd	Vdd= 5V(nota 9)			1	1.5	mA
Corriente de entrada de DQ	Idq	(nota 10)		5			µA
Deriva		(nota 11)		+0.2			°C

Fuente propia

6.15. Microcontrolador Atmega328

Éste nuevo modelo de controlador es prácticamente igual que su predecesor Duemilanove y 100% compatible pero incorpora ésta vez una autoselección del voltaje de alimentación (DC/USB) gracias a un chip MOSFET incluido en la placa.

Además, dispone del nuevo bootloader OptiBoot que permite cargar programas a 115Kbps (56Kbps en la versión anterior). El bootloader también ha sido reducido en tamaño ya que tan sólo ocupa 512bytes, por lo que se tiene aún más espacio para programar.

La placa se entrega completamente ensamblada y probada con un microcontrolador AVR ATmega328 con un cristal de cuarzo de 16Mhz. El microcontrolador se entrega con un bootloader que permite su programación sin necesidad de ningún tipo de programado externo. (Lizama y López, 2016)

Se entrega con el núcleo chip Atmega328 de AVR con 32 KB de memoria, programa en lugar de 16 KB la anterior versión, RAM de 2KB (antes 1KB) y EEPROM de 1 KB (antes 512 bytes). La carga de los programas también es más rápida ya que el bootloader fue actualizado a una velocidad de 115000 baudios. (Lizama y López, 2016)

Tabla 3 Caracterización del ATmega328

Parámetros	Valores
Flash	32 Kbytes
SRAM	2 Kbytes
Cantidad de pines	28
Frecuencia máx. de operación	20 MHz
CPU	852542-bit AVIR
Pines máx. de E/S	23
Interrupciones internas	24
Canales ADC	8
Resolución de ADC	10
Eeprom	1 Kbytes
Canales PWM	6
Voltajes de operación	1.8-5.5V
Timers	3

Fuente propia

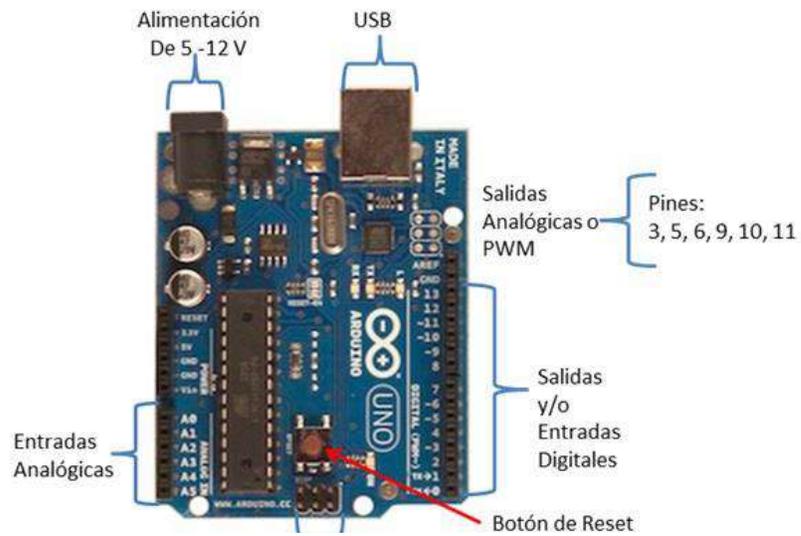


Ilustración 3 forma física de una placa de Arduino uno

Extraído de (Lizama y López, 2016)

6.16. Componentes electrónicos

6.16.1. Pulsadores.

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para realizar cierta función. Los botones son de diversas formas, tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos electrónicos. Los botones son por lo general activados, al ser pulsados con un dedo.

Permiten el flujo de corriente mientras son accionados. Cuando ya no se presiona sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO, con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.



Ilustración 4 Pulsador

Extraído de (Garcia, 2010)

Diagrama eléctrico del pulsador.

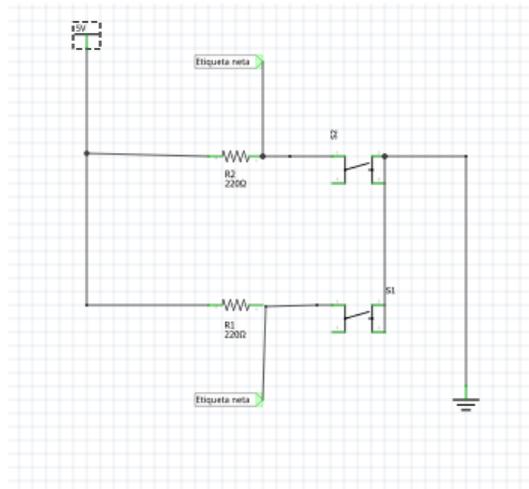


Ilustración 5 Circuito de pulsadores

Fuente propia

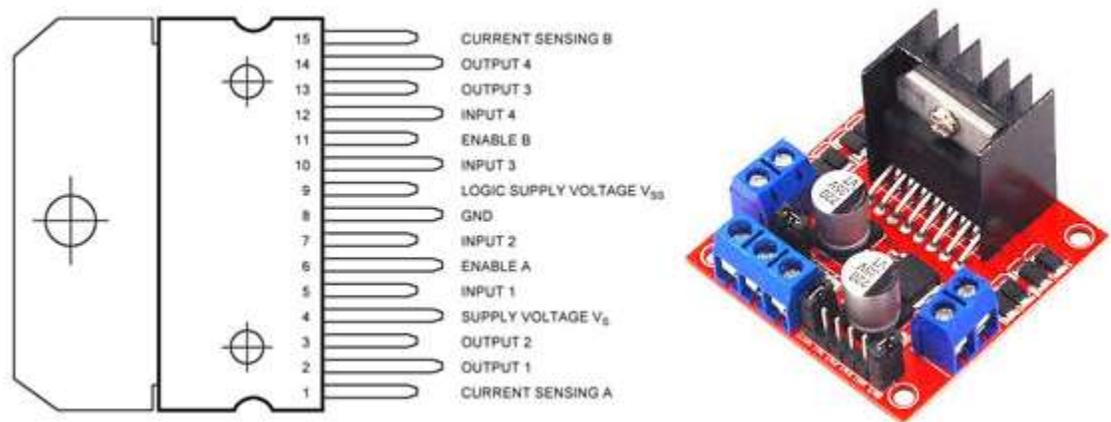
6.16.2. Diodos LED.

Un led (acrónimo inglés LED, light-emitting diodo emisor de luz) es un componente opto electrónico pasivo y, más concretamente, un diodo que emite luz.

6.16.3. Tarjeta Easy driver L298N.

El controlador de motores Easy Driver L298N es ideal para controlar motores, es un controlador de motores fácil de utilizar, donde la etapa de control trabaja de 3.3V a 5V y una corriente de 0.5 mA, y con cargas de trabajo para motores que necesitan de 7V a 30V con carga de 2 A por canal.

La tarjeta Easy Driver ya incluye un regulador de voltaje para la interfaz digital. Ideal para motores bipolares de 4,6 u 8 cables.



*Ilustración 6 Tarjeta Easy driver
Extraída de (Lizama y López, 2016)*

Tabla 4 Modulo L298N

Especificaciones del controlador de motor L298N	
Tensión de funcionamiento	5-35 V
corriente máxima	2 A por canal o 4 A máx.
Controlador del motor	L298N, impulsa 2 motores de CC
Regulador de voltaje	78M05

Fuente propia

6.16.4. Motores DC.

Los motores DC (Direct Current) o también llamados CC (Corriente Continua) son muy utilizados. Los hay de distintos tamaños, formas y potencias, pero todos se basan en el mismo principio de funcionamiento. Accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes.

Para invertir el sentido de giro basta con invertir la alimentación y el motor comenzará a girar en sentido opuesto. A diferencia de los motores pasos a paso y los servomecanismos, los motores DC no pueden ser posicionados y otros enclavados en una posición específica. Estos simplemente giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite. (Jimeno, 2018)

El motor de corriente continua está compuesto de 2 piezas fundamentales: Rotor y Estator. El Rotor constituye la parte móvil del motor, proporciona el torque para mover a la carga.

6.16.5. *Las principales partes del motor DC.*

6.16.5.1. Estator

Es la parte fija del motor responsable en el establecimiento del campo magnético de excitación, en su interior se encuentran distribuidos, en número par, los polos inductores, sujetos mediante tornillos a la carcasa, están constituidos por un núcleo y por unas expansiones en sus extremos.

6.16.5.2. Armazón

Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y el imán permanente, para completar el circuito magnético.

6.16.5.3. Imán permanente

Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.

6.16.5.4. Escobillas

Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar éste desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los porta escobillas. Ambas, escobillas y porta escobillas, se encuentran en una de las tapas del estator. La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor

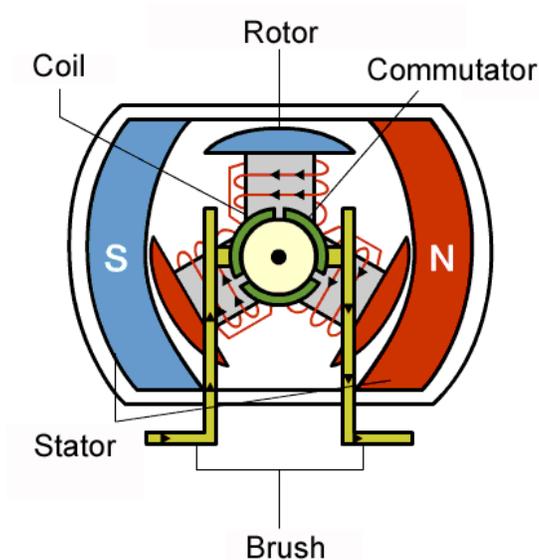


Ilustración 7 Partes de Motor

Extraída de (Amilcare, 2018)

Alrededor de los polos se encuentran unas bobinas, que constituyen el devanado inductor, generalmente de hilo de cobre aislado, que al ser alimentados por una corriente continua, generan el campo inductor de la máquina, presentando alternativamente polaridades norte y sur. (Tecnind2, 2015)

6.16.5.5. Rotor

Es la parte móvil del motor, que proporciona el par para mover la carga. Consta de un conjunto de bobinas denominadas bobinas inducidas que van arrolladas sobre las ranuras de un núcleo de hierro que recibe el nombre de inducido.

6.16.5.6. Colector del gas

Son un conjunto de láminas de cobre, aisladas entre sí, que forman el colector y a las cuales se sueldan los extremos de las bobinas inducidas. El conjunto se monta sobre un eje y está apoyado sobre cojinetes.

6.16.5.7. Escobillas de grafito

Se encuentran montadas sobre las porta escobillas, están en contacto permanente con el colector y suministran la corriente eléctrica a las bobinas inducidas.

6.16.5.8. Entrehierro

Es el espacio situado entre el estator y el rotor, es por donde el flujo magnético pasa de uno a otro. Algunos motores además incorporan polos de conmutación, rodeados por unas bobinas conectadas en serie con el devanado inducido y recubiertas de una película aislante para evitar cortocircuitos. (Tecnind2, 2015)

6.17.6. *El motor de 12 voltios y especificaciones.*

Un motor de corriente continua es cualquier motor dentro de una clase de máquinas eléctricas por lo que la corriente eléctrica de corriente continua se convierte en potencia mecánica.

Lo más a menudo, este tipo de motor se basa en las fuerzas que producen los campos magnéticos. Independientemente del tipo, los motores de corriente continua tienen algún tipo de mecanismo interno, que es electrónico o electromecánico.

La velocidad de un motor de CC se controla usando una tensión de alimentación variable o cambiando la intensidad de la corriente dentro de sus arandelas de campo. Un motor de 12V CC es pequeño y barato, pero lo suficientemente potente como para ser utilizado en muchas aplicaciones de diferentes temáticas. (MotorTT, 2006)



Ilustración 8 Motor cc fuente propia

7. DISEÑO METODOLÓGICO

7.1. Tipo de Estudio

El estudio es de tipo descriptivo, corte transversal, porque se caracterizan fenómenos físicos que se controlarán y analizarán estadísticamente para obtener resultados numéricos en un determinado tiempo de julio-diciembre del 2020.

El enfoque de investigación es Mixto ya que se integran los métodos, técnicas e instrumentos cuantitativos y cualitativos en la recolección de información.

7.2. Área de estudio

El estudio se desarrollará en el Laboratorio de Biotecnología, el cual está ubicado en el Recinto Ricardo Morales Avilés.



Ilustración 9 Tomado de google Earth

7.3. Universo y Muestra

El universo está constituido por los técnicos del área del Laboratorio de Biotecnología UNAN-Managua. El tamaño del universo es de 12 personas de cual se entrevistó a 1 persona con interés en el presente proyecto.

La muestra en el laboratorio está conformada por Biólogos, Ingenieros químico, alumnos pasantes y tesistas. El tipo de muestreo es no probabilístico.

7.4. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos e información

El estudio es de tipo mixto cuali-cuantitativo ya que para el presente proyecto se acudió a técnicas como la observación directa de las instalaciones, requerimientos y necesidades con las que cuenta actualmente el Laboratorio Biotecnología de la Universidad; se entrevistó a los analistas y se le explicó el proyecto a la directora del laboratorio.

Entrevista directa: Se aplicó a uno de los tres analistas del Laboratorio de Biotecnología el cual brindó información general de la institución, técnicas utilizadas, equipos con los que cuentan, recomendaciones, sugerencias y parte de su experiencia laboral en el sitio.

Observación: Las visitas de campo contribuyó a obtener información de los planos del local, los problemas por no contar con equipos de automatización y el reconocimiento de la población que más acude al Laboratorio de Biotecnología como empresas, universidades y entidades del estado.

7.5. Procedimientos para la recolección de datos e información

Para la colecta de los datos, primeramente se solicitaron los permisos necesarios a las autoridades del Laboratorio de Biotecnología, para acceder a las instalaciones y poder la aplicar la entrevista.

También se contó con la autorización de los analistas del Laboratorio de Microbiología para que participen en las comparaciones en los experimentos con y sin el uso del equipo propuesto para eta área.

7.6. Matriz de Operaciones de variables

Objetivos Específicos	Variable Conceptual	Sub variables o Dimensiones	Variable Operativa o Indicador	Técnicas de Recolección de Datos e Información
<p><u>Objetivo Especifico 1.</u></p> <p>Analizar los instrumentos necesarios para la construcción del equipo de medición, que permita realizar precisión en tiempo real de las variables de temperatura y pH</p>	Determinar variables físicas.	<p>1.1. Construcción de prototipo de acuerdo a las necesidades del Laboratorio de Biotecnología.</p> <p>1.2 Necesidades cubiertas en el Laboratorio de Biotecnología.</p>	<p>1.1.1. Obtención de componentes y diseño del equipo o prototipo.</p> <p>1.1.2. Pruebas independientes de los diferentes componentes.</p> <p>1.1.3. Desarrollo de programa que controlara el funcionamiento de Hardware del prototipo.</p>	<p>Entrevista</p> <p>Observación: visita a las instalaciones del Laboratorio de Biotecnología de la Universidad.</p>
<p><u>Objetivo Especifico 2.</u></p> <p>Diseñar de código c++ avr-libc software que permita controlar automáticamente las mediciones más precisas para la variables pH y temperatura.</p>	Software que determine la funcionalidad del control de las variables físicas.	<p>1.1. Sensor pH</p> <p>1.2. Sensor de Temperatura</p>	<p>1.1.1. Pruebas individuales de funcionalidad de los sensores.</p> <p>2.1.1 Calibración de los sensores de pH y temperatura.</p>	<p>Sensores</p> <p>Actuadores</p> <p>Tarjeta de control</p> <p>Programa en c++.</p>
<p><u>Objetivo Especifico 3.</u></p> <p>Desarrollar prototipo de medición precisa a escala de mesa de laboratorio que pueda sostener una población de bacterias anaerobias estable y constante.</p>	Realizar pruebas en tiempo real con el hongo aspergillus sp	<p>3.1. Control de las variables en función del Sistema.</p> <p>3.2. Valores de pH y temperatura asignado en el programa a monitoreo preciso del cambio físico de las variables.</p>	<p>3.1.1. Comparativas de resultados del experimento con y sin equipo.</p>	<p>Observación del funcionamiento del equipo.</p> <p>Estadística de resultados.</p>

7.7. Matriz de Descriptores

Objetivos específicos	Pregunta general de investigación	Preguntas específicas de investigación	Técnicas	Fuentes
Analizar los instrumentos necesarios para la construcción del equipo de medición, que permita realizar precisión en tiempo real de las variables de temperatura y pH.	<p>¿Cuáles son las necesidades existentes para la creación de un dispositivo de producción de lipasa en el laboratorio de Biotecnología?</p> <p>¿Porque se utiliza el método AOAC?</p> <p>¿Por qué el laboratorio utiliza este Método MAA-BIOTEC-FQ-008?</p>	<p>¿Por qué las variables físicas deben de estar estable en el momento de funcionamiento del Prototipo?</p> <p>¿Con cuántos dispositivos (Biorreactores), cuenta las instalaciones del laboratorio de biotecnología de la UNAN Managua?</p> <p>¿Qué cantidad de muestras se podrían realizar con el equipo (biorreactor) al mes?</p> <p>¿Qué cambios se podrían realizar al equipo?</p>	<p>Entrevista</p> <p>Visita al local</p> <p>Documentación de investigaciones en el campo de biorreactores</p>	<p>Analistas del laboratorio de biotecnología de la UNAN Managua.</p>

7.8. Plan de análisis y procesamiento de datos e información

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante pruebas en tiempo real se utilizara el programa Excel 2013, se podrá obtener gráficos y tablas que permitirán hacer análisis comparativos e interpretación los resultados del (biorreactor).

El prototipo es construido de acuerdo a las necesidades de las variables a utilizar y método AOAC que es el establecido en el Laboratorio, contará con una interfaz simple y facilidad de uso además de circuitería básica de Arduino. El diseño es aspirado mediante la investigación de antecedentes y los múltiples formatos de presentación para el mismo fin.

8. DESARROLLO

8.1. Analizar los instrumentos necesarios para la construcción del equipo de medición que permita realizar precisión en tiempo real de las variables temperatura y pH.

Para realizar la construcción del equipo de medición que sea más preciso se realizó un diagnóstico de como se efectuaban anterior mente los análisis.

En el laboratorio de microbiología poseen equipos que pueden realizar procesos de análisis independientes ya que solo pueden realizar una acción a la vez, puesto que el analista debe de estar pendiente de estar controlando el equipo que se utiliza para dicho análisis.

Estas variables pueden ser el pH y la temperatura las cuales solo se monitoreaban y se controlaban manual mente teniendo rangos de error al finalizar los análisis.

Se cuenta con diferentes equipos pH metro, incubadora, termómetros digitales y también de mercurio para realizar los diferentes procesos de análisis.

8.1.1. Metodología.

Tipo de investigación: Aplicada tecnología

Técnica:

Análisis y observación de variables.

Población: Laboratorio de microbiología (Producción de lipasa con el hongo *Aspergillus sp.*

Diseño del prototipo de mediciones precisas.

En este proyecto se utilizó la metodología aplicada (tecnológica), que procura brindar una solución a una necesidad de precisión en las lecturas de variables físicas, en este caso, al Laboratorio de Microbiología mediante la implementación de la ingeniería electrónica, con el objetivo de desarrollar un Prototipo innovador de medición de temperatura y pH que pueda dar una precisión en las lecturas de las variables.

La búsqueda de información teórica documental sobre la variable a trabajar en conjunto con las consultas al analista del laboratorio para obtener un marco teórico, experimentos y antecedentes que sustenten el proyecto.

8.1.2. Sensor pH

El pH: Es utilizado en todo el mundo para referenciar la fórmula del potencial de Hidrógeno (H^+), es decir, la cantidad del ion hidrógeno que existe en una solución. Las diferentes sustancias que están a nuestro alrededor poseen un nivel de pH diferenciado que las caracteriza y las hace útiles o beneficiosas para determinados casos.

$$pH = -\log(H^+) \quad -pH = \log\left(\frac{1}{H^+}\right)$$

Escala del pH: El estándar internacional propone la escala de 0 a 14, donde 7 es el punto neutro de referencia 0V, son sustancias ácidas, ceden electrones H^+ . Sabor agrio, como el jugo de limón y el vinagre, Producen irritación a la piel, causando sensaciones punzantes. (Zambrano. Camelo. Méndez y Valderrama, 2018)

8.1.2.1. Principio físico pH

Potenciómetro o pH-metro: Un pH-metro mide la diferencia de voltaje en una disolución, es un voltímetro que junto con los electrodos, al ser sumergidos en una sustancia, generan una corriente eléctrica.

Esta corriente eléctrica dependerá de la concentración de iones de hidrógeno que presente la solución. La parte más importante del sistema es el electrodo, cuyo potencial depende del pH.

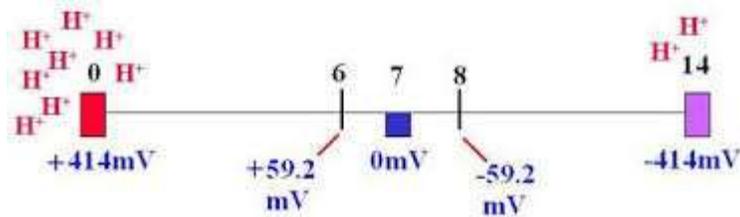


Ilustración 10 Referencias de voltajes del pH



Ilustración 11 Módulo pH 4502C con sonda E201

8.1.3. Especificaciones del módulo 4502C.

El módulo 4502C son los amplificadores operacionales de riel a riel de suministro único CMOS de mayor precisión. El voltaje de compensación de entrada es de 10 mV típico y 40 mV máximo. Esta precisión, combinado con un ancho de banda de 4,7 MHz, velocidad de respuesta de 2,5 V / ms y unidad de salida de 50 mA, es ideal para múltiples aplicaciones que incluyen: sistemas de adquisición de datos, equipos de medición.

Tabla 5 Caracterización de modulo pH 4502C

Tensión de alimentación, VDD +	7 V
Voltaje de entrada diferencial, VID	± 7 V
Rango de voltaje de entrada, VI	-0,3 V a 7 V
Corriente de entrada	± 5 mA
Corriente de salida, IO	± 100 mA
Corriente total en VDD +	± 100 mA
Corriente total fuera de VDD- / GND	± 100 mA
Descarga electrostática (ESD)	> 2 kV
Duración de la corriente de cortocircuito a (o menos) 25 ° C	ilimitado
Rango de temperatura de funcionamiento al aire libre, TA: TLC4502C	0 ° C hasta 70 ° C
Rango de pH	0 a 14

Fuente propia

Estos amplificadores cuentan con circuitos de autocalibración que recortan digitalmente el voltaje de compensación de entrada a menos de 40 mV dentro de los primeros 300 ms de funcionamiento. A continuación, el offset se almacena digitalmente en una aproximación sucesiva integrada registro (SAR).

Inmediatamente después de que se almacenan los datos, el circuito de calibración se elimina efectivamente de la señal ruta, se apaga y el dispositivo funciona como un amplificador operacional estándar.

La elección del sensor (electrodo) de pH: Es un dispositivo capacitado para medir magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: Temperatura y pH.

Los valores del potencial son inversamente proporcionales al pH, por tanto se emplea un amplificador inversor para obtener una relación directa. Además la etapa de amplificación proporciona una ganancia para medir potenciales más grandes y mejorar la resolución del instrumento en la medición del pH.

Como la pendiente depende de la temperatura así como del estado del electrodo se usan potenciómetros para ajustar la ganancia en función de la temperatura y del ajuste que se realizará al instrumento con soluciones de referencia. Los valores iniciales de las resistencias se seleccionan para dar una ganancia.

Tabla 6 Potencial de las medidas de pH en (mV)

pH	Potencial (mV)
0	414,1
1	354,9
2	295,8
3	236,6
4	177,5
5	118,3
6	59,2
7	0,0
8	-59,2
9	-118,3
10	-177,5
11	-236,6
12	-295,8
13	-354,9
14	-414,1

Fuente propia

Para la determinación del módulo se valoraron ya que pueden soportar además de los voltajes de trabajo del pH que pueden medir en diferentes en escalas de pH.

Tabla 7 Comparativa de los módulos de Ph

Condiciones de funcionamiento recomendadas									
	TLC4502C		TLC4502I		TLC4502Q		TLC4502M		UNIDAD
	MIN MAX		MIN MAX		MIN MAX		MIN MAX		V
Tensión De Alimentación	4	6	4	6	4	6	4	6	V
Rango de voltaje de entrada, VI	VDD– VDD + - 2,3		V						
Voltaje de entrada de modo común VID	VDD– VDD + - 2,3		V						
Temperatura de funcionamiento al aire libre, TA	0 a 70		-40 a 125		-40 a 125		-55 a 125		° C
Rango	0 a 14		1 a 12		4 a 12		2 a 10		pH
Precisión	+/-0.1		+/- 04		+/-05		+/- 0.2.5		%

Fuente propia

Debido a los requerimientos del prototipo, se optó por un electrodo de encapsulamiento plástico sólido con bulbo de vidrio porque son los más adecuados para mediciones de pH en líquidos; este tiene características muy similares al tipo OFFSET, con un rango de tensión entre 414mV a -414mV aproximadamente, siendo los valores más próximos a 0V los que indican un nivel de pH 7 neutral. Las tensiones negativas indican algún grado de acidez, y las tensiones positivas, alcalinidad.

8.1.4.El diagrama electrónico del módulo pH 4502C.

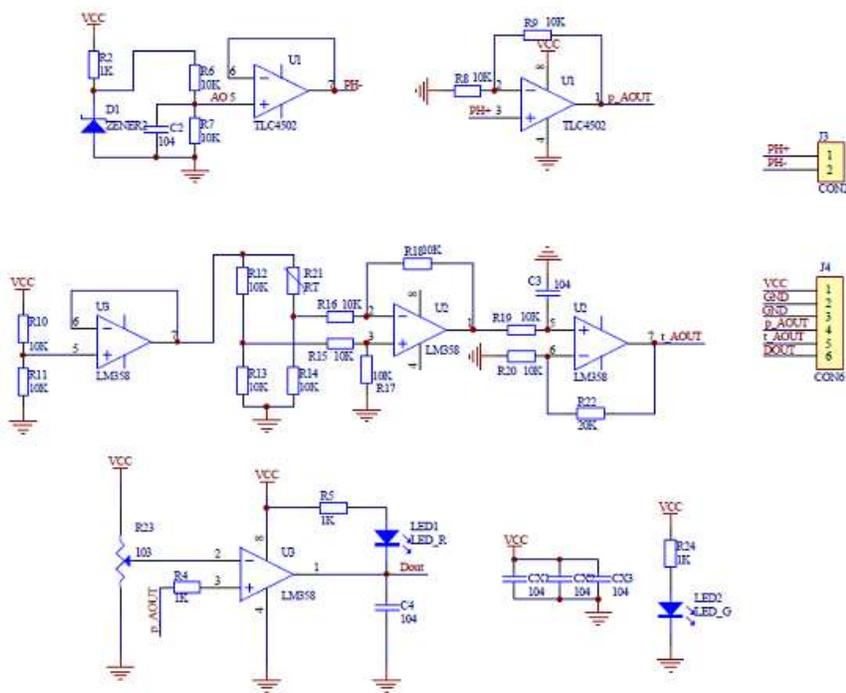


Ilustración 12 Diagrama electrónico del módulo pH 4502C fuente propia

Las características del módulo de PH, su alimentación de trabajo es de 5.00V con una corriente de consumo: 5-10mA el rango de medición se encuentra en la escala de 0-14 pH trabaja en un rango de temperatura de 0 a 80°C con una precisión de +/- 0.1 pH con una temperatura ambiente de 25°C, con un tiempo de respuesta de ≤ 5 s posee una sonda con conector BCN para una rápida conexión con diferentes módulos además de poseer Ajuste de ganancia (potenciómetro).

La sonda de electrodo pH es precisa y confiable ya que puede proporcionar lecturas casi instantáneas en los rango de pH: 0-14 y su temperatura de trabajo se encuentra en tre el rango de 0 a 60° C el modulo viene calibrado de fábrica con un pH de punto 0 equivalente a pH 7 con un +/- 0.5 Ph el error de alcalinidad es de 0.2PH con una resistencia interna: $\leq 250\text{M}\Omega$ su tiempo de respuesta es de ≤ 1 min posee un conector BNC adecuado para la mayoría de los medidores y controladores de PH.

La calibración del potenciómetro es necesario para elevar el voltaje de salida del sensor, de modo que pH = 7 con un valor de 0 V, esté en el medio y también se puedan medir voltajes negativos (pH > 7). Esto comienza con un diodo de referencia de precisión TL431, cableado para proporcionar simplemente un voltaje de referencia de 2.5V. Un divisor de voltaje (potenciómetro RV1 de 10k con resistencia fija R1 de 10k) luego proporciona ese voltaje al OpAmp U1B cableado como ganancia unitaria.

Tabla 8 Caracterización técnicas de la sonda pH E201

Sensor sonda electrodo e201 para pH conector bnc	
Rango de medición	0.00 ~ 14.00 PH
Punto cero	7 + - 0.5PH
Error de álcali	0.2PH
Porcentaje teórico de pendiente	98.5%
Resistencia interna	250MO
Tiempo de respuesta	1min
Temperatura de funcionamiento	0-60°C
Bloques de terminales	Conector BNC
Longitud del cable	aprox. 70cm

Fuente propia



Ilustración 13 Sonda e201 pH fuente propia

8.1.5. Formulación del circuito pH

Voltaje del punto V1.

$$V1 = V_{cc} - V_{d1}$$

$$V1 = 5v - 2.50$$

$$V1 = 2.50$$

Corriente de referencia.

$$I_t = V_{cc}/R_{d1}$$

$$I_1 = 5v/10Kohm$$

$$I_1 = 0.5mA$$

$$I_1 = I_t - I_{d1}$$

$$I_1 = 0.5mA - 0.25mA$$

$$I_1 = 0.25mA$$

$$I_{ref} = I_1 - I_{d1}$$

$$I_{ref} = 0.5mA - 0.25mA$$

$$I_{ref} = 0.25mA$$

Voltaje del punto V2.

$$V_2 = R_2 \left(\frac{V_1}{R_6 + R_7} \right)$$

$$V_2 = \left(\frac{R_7}{R_6 + R_7} \right) V_1$$

$$V_2 = \left(\frac{10Kohm}{10Kohm + 10Kohm} \right) 2.5V$$

$$V_2 = 1.25V$$

Corriente que cae en I3 Y I4.

$$I_3 = \frac{V_2}{R_6}$$

$$I_3 = \frac{1.25V}{10Kohm}$$

$$I_3 = 0.125mA$$

$$I_4 = \frac{V_2}{R_7}$$

$$I_4 = \frac{1.25V}{10Kohm}$$

$$I_4 = 0.125mA$$

Voltaje de V_{sal} y corriente de I_{sal} del comparador.

$$I_{sal} = \frac{V_2}{R_{in}}$$

$$I_{sal} = \frac{1.25}{250,000Kohm}$$

$$I_{sal} = 0.5\mu A$$

$$V_{sal} = I_{in} * R_{in}$$

$$V_{sal} = 0.5\mu A * 250,000kohm$$

$$V_{sal} = 1.25 V_{Out}$$

$$V_{in} = V_{out}$$

8.1.6. Simulación en proteus del sensor pH.

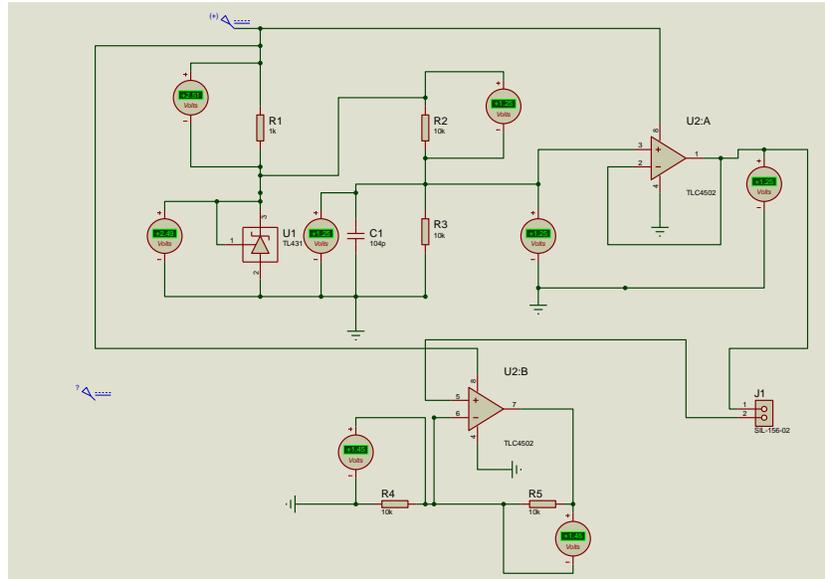


Ilustración 14 Simulación de voltajes de pH Fuente propia

8.1.7. Calibración del sistema potencio métrico.

Como podemos observar que en el circuito hay dos potenciómetros. Uno está más cercano al conector BNC de la sonda este regula el offset, el segundo es el limitador de pH.

El rango de medida de la sonda oscila entre valores negativos y positivos. El 0 representa un pH de 7.0. Para poder utilizarlo con Arduino este circuito añade un valor de offset al valor medido por la sonda, de esta forma el ADC solo tendrá que tomar muestras de valores positivos de tensión.

Por lo tanto forzaremos un pH de 7.0 desconectando la sonda del circuito y cortocircuitando la parte interna del conector BNC con la exterior. Con un multímetro medimos el valor del pin Po y ajustamos el potenciómetro para que sea 2.5V.

Límite de pH: Este potenciómetro es para establecer un valor del límite del circuito sensor de pH que hace que el LED rojo se encienda y la señal de pin Do se ponga en ON.



*Ilustración 15 cortocircuitado para calibración del módulo
Realización propia*

8.1.8.Principio físico del sensor de temperatura.

Es un instrumento de medición de la temperatura que usa el principio de la dilatación, por lo que se prefiere el uso de materiales con un coeficiente de dilatación alto de modo que, al aumentar la temperatura, la dilatación del material sea fácilmente visible.

8.1.9.Sensores de temperatura.

El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus.

Sensor de temperatura digital programable DS18B20 se comunica mediante el método de 1 cable con la librería (1-wire) este sensor trabaja con voltaje de funcionamiento 3 V a 5 V con un amplio rango de temperatura que van de -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$ con la precisión $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ posee una resolución de salida de 9 bits a 12 bits (programable) con una sola dirección única de 64 bits permite la multiplexación en tiempos de conversión de 750 ms a 12 bits.

El sensor funciona con el método de comunicación de 1 cable. Solo requiere el pin de datos conectado al microcontrolador con una resistencia pull up y los otros dos pines se utilizan para la alimentación como se muestra a continuación.



*Ilustración 16 Sensor 18B20 TO-92
Extraído de (Llamas, 2016)*

Tabla 9 Caracterización del sensor de temperatura

Caracterización en grados Celsius.	
Rango de temperatura	-55 a 125°C
Resolución	9 a 12 bits
Precisión	±0.5°C (de -10°C a +85°C)
Tiempo de captura	inferior a 75Ω
Alimentación	3v a 5.5v
VDD	tensión de alimentación
GND	toma de tierra
DQ	pin de datos

Fuente propia



Ilustración 17 Sonda sensor de temperatura fuente propia

Algo muy importante es saber qué rango de temperaturas que es capaz de medir un sensor de este tipo es amplio. También se debe de conocer el error que puede llegar a tener y la resolución del sensor de temperatura DS18B20. Dicho sensor puede medir temperaturas entre -55°C y 125°C . Es un rango muy amplio sin embargo, no en todo el rango tenemos el mismo error.

Un sensor de temperatura como el DS18B20 tiene errores debido a factores externos, al ruido inherente en los circuitos eléctricos y alteraciones en el medio físico. Para temperaturas entre -10°C y 85°C podemos tener $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Para el resto de temperaturas entre -55°C y 125°C el error es de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

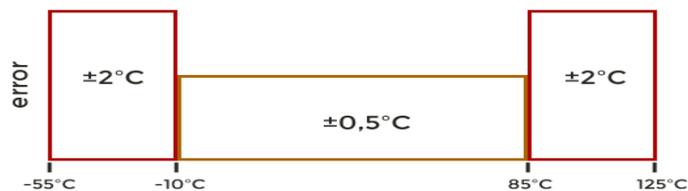


Ilustración 18 Rango de error (Llamas, 2016)

Tabla 10 Rango de temperatura

Rango de temperaturas -55°C a 125°C	
Error (-10°C a 85°C)	±0,5°C
Error (-55°C a 125°C)	±2°C

Fuente propia

Conexiones de cables para la protección del microprocesador Atmega328 en el correspondiente pin de registro del dato censado en la salida del sensor 18B20 de temperatura.

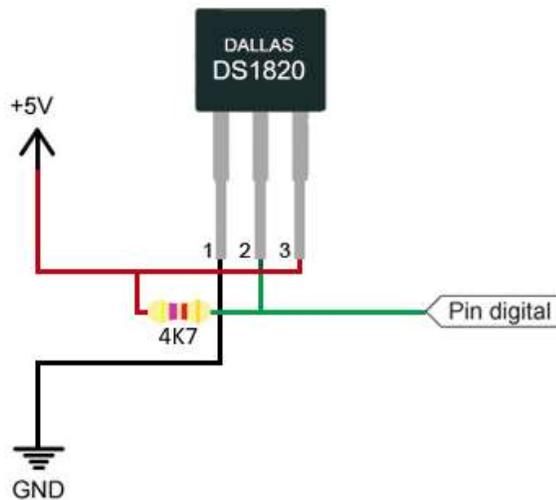


Ilustración 19 Diagrama eléctrico del sensor 18B20 extraído de (Factory, 2019)

En el circuito de temperatura el fabricante recomienda un voltaje de 3v a 5.5v, el cual se decidió por una fuente estable de 5v para la alimentación del sensor DS18B20, dado que la resistencia que se utilizó para el circuito es de 4.7KOhm, la corriente que circula en el circuito de temperatura es de 1.06 mA realizando el cálculo por la ley de Ohm.

$$I = \frac{5V}{4.7Kohm} = 1.06 mA$$

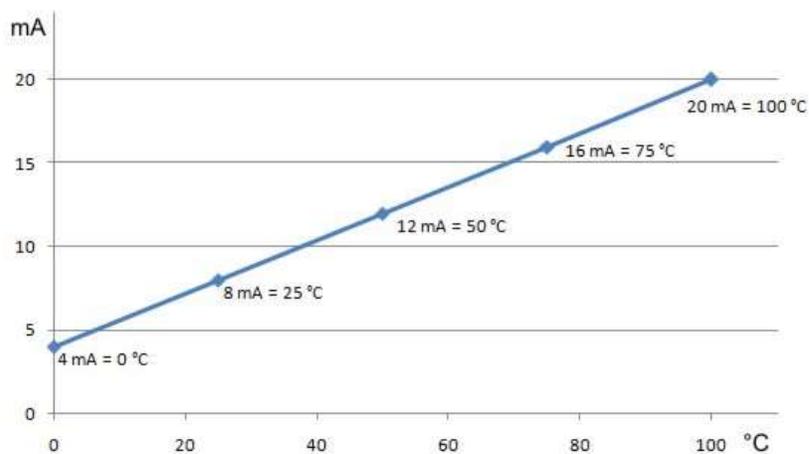


Ilustración 20 Grafica de la corriente de trabajo del 18B20 fuente propia

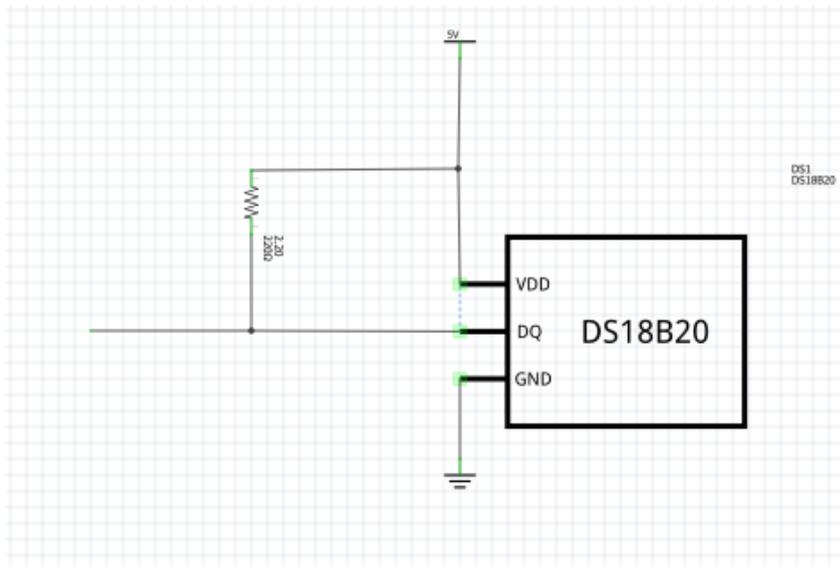


Ilustración 21 Diagrama de circuito sensor 18B20 fuente propia

8.1.10. Resistencia de calefacción y atenuador de corriente

Este tipo de calefactor basa su funcionamiento en el principio descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 descubrió que en todo conductor, por el cual circula una corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos.



Ilustración 22 Diagrama esquemático de la calefacción

Extraído de (LMC, 2017)

8.1.11. **Atenuador de corriente.**

El crs y triacs son dispositivos semiconductores de potencia fundamentales en el control de equipos industriales e incluso de uso doméstico que se encuentran en una infinidad de aplicaciones prácticas.

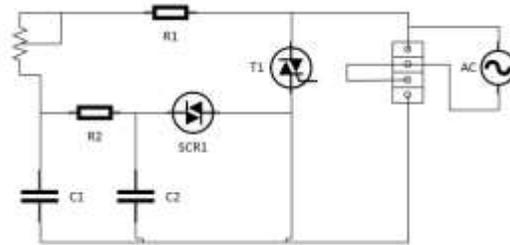


Ilustración 23 Atenuador de corriente fuente propia

Algunas fórmulas y cálculos que involucran estos componentes necesitan ser dominados perfectamente. Los SCR o Silicon Controlled Rectifiers (diodos controlados de silicio) son dispositivos semiconductores para ser utilizados como controles de potencia y osciladores de relajación.

$$IT = ICO / (1 - \alpha1 + \alpha2)$$

Esto sería, IT es la corriente de disparo en amperes (A), ICO es la corriente de fuga en amperes (A), $\alpha1$ es la ganancia del primer transistor, $\alpha2$ es la ganancia del segundo transistor, Obs: el parámetro IT usualmente es dado por el fabricante del SCR y está en el rango entre 0,1 mA y 100 mA para los tipos más comunes.

El Dimer se es capaz de bajar la intensidad de corriente para poder mantener una estabilidad de la temperatura al momento de que sea activada la resistencia de calor.

$$R \frac{120v}{7.5A} = 16 \text{ Ohm}$$

$$P = 120V * 7.5 A = 900W$$

$$I \frac{120v}{16A} = 7.5A$$

8.1.12. Bombas peristálticas.

La bomba peristáltica es un tipo de bomba de desplazamiento positivo, es decir, tiene una parte de succión y otra de expulsión, por lo que es utilizada para bombear una gran variedad de fluidos. El fluido es transportado por medio de un tubo flexible (manguera flexible), colocado dentro de una cubierta circular de la bomba.

El mecanismo más común cuenta tres rodillos que giran en un compartimiento circular comprimiendo en forma progresiva, una manguera especial flexible. La bomba peristáltica consta de una tubería flexible, entre 3 y 25 mm de diámetro, que al ser comprimida sucesivamente por unas ruedas que giran continuamente, obligan a circular al líquido en la dirección de giro. Si bien no es necesario, es recomendable colocar la bomba por debajo del nivel del líquido a bombear

Como el resto de sistema de bomba, la peristáltica puede generar una diferencia de presión mayor a la salida que la generada en la entrada de líquido, normalmente la bomba trabaja a una velocidad comprendida entre 10 y 140 revoluciones por minuto.. (Motovario, 2003)



Ilustración 24 Tipos de bombas peristálticas utilizadas (Trujillo, 2016)

8.1.13. Caracterizaciones de las bombas peristálticas.

En principio el trabajo silencioso adecuado para acuarios, productos químicos, líquidos, aditivos de dosificación; se aplica a campos médicos, químicos, experimentales, alimentos, plantas, protección del medio ambiente y muchos otros procesos.

Tabla 11 Dosificador Base

Especificaciones dosificadora de base	
Voltios	12V
Rango de flujo	10-90ml / min
Tubo de silicona	3 * 5
Velocidad de flujo	> 80 ml / min
Material del cabezal de la bomba	ABS
Tubo de bomba	tubo transparente de gel de sílice
Pulsación	tres rodillos con pulsación pequeña

Fuente propia

Tabla 12 Dosificadora de ácido

Especificaciones dosificadora de ácido	
Voltaje aplicable	12 V CC.
Temperatura de funcionamiento	0-40.
Humedad relativa	< 80%.
Corriente de trabajo	0,5 – 0,7 A.
Rango de flujo	0-100 ml/min.
Rango de velocidad	0,1 – 100 rpm
Rango de succión	5 m (prueba de agua limpia).
Cabezal hidráulico	25 m (prueba de agua limpia).

Fuente propia

8.1.14. Ventajas de la bomba peristáltica.

Debido a que la única parte de la bomba en contacto con el fluido que es bombeado es el interior del tubo, las superficies internas de la bomba son fáciles de esterilizar y limpiar.

Además, puesto que no hay partes móviles en contacto con el líquido, las bombas peristálticas son baratas de fabricar. Su carencia de válvulas, de sellos y de arandelas, y el uso de mangueras o tubos, hace que tengan un mantenimiento relativamente de bajo costo comparado a otros tipos de bombas.

8.1.15. Aspa de Agitación.

La agitación y la mezcla son operaciones básicas utilizadas en la ingeniería de procesos Biotecnológicos. La agitación se refiere principalmente al movimiento que se genera en un material de una manera específica, principalmente con un equipo que genera movimiento circulatorio dentro de algún tipo de contenedor o estanque el cual puede ser cerrado o abierto.

La mezcla consiste en la homogenización al azar de dos o más materiales que en un inicio se encontraban separados. Para este proyecto se estudia la operación de la agitación y no la mezcla, la cual definirá el diseño del agitador. (Castillo, 2013)

Un sistema de agitación puede ser clasificado dependiendo de varios criterios dentro de los cuales se pueden identificar los siguientes:

- a) Según el modelo de flujo producido (axial, radial, tangencial).
- b) Dependiendo de la viscosidad del fluido.
- c) La relación que existe entre el diámetro del agitador y el del estanque.
- d) La velocidad inducida en el fluido.
- e) El tipo de régimen al que está sometido el fluido (laminar ó turbulento)
- f) La geometría del fondo del estanque.

Un agitador de fluidos puede realizar varios propósitos al mismo tiempo y dependerán entonces para su elección tanto las características mecánicas y de proceso solicitadas en un proyecto determinado.

8.1.16. *Diseño del aspa para el prototipo.*

El agitador es un subconjunto de parte de los requerimientos de potencia, seguido de la selección del motor que impulsa el aspa. Posterior el dimensionamiento del eje y el acople de transmisión de potencia eje-motor, el dimensionamiento del aspa y la selección del tornillo para el ensamble del acople al eje central.

El agitador esta constituida por diferentes partes:

- a) Acople cónico tipo mandril para sujetar al motor
- b) Orín para poder sellar el orificio del eje
- c) Eje a la medida y de acero inoxidable
- d) Paleta en determinado ángulo
- e) Tornillo de sujetar del aspa

En principio se decidió a dar hacer el aspa de acuerdo a las especificaciones del analista ya que se debería calzar en el reactor de chaqueteado, se localizó una empresa donde se planteó las dimensiones del aspa y eje y con todos los requerimientos necesario para una correcta agitación en el interior del reactor la empresa seleccionada ITM (Industrias de Tanques y Montaje) ubicada en Carretera Norte de Cruz Lorena 1c. al lago 1/2c Arriba a mano derecha.

8.1.17. *Eje de agitación.*

El eje es parte esencial al momento de elaborar un agitador orbital ya que es la pieza que unirá al motor con el aspa, teniendo una medida técnica de 23.5 cm de largo y que en su punta inferior tiene el acople cónico para un mejor agarre con el motor.



*Ilustración 25 Eje de agitador con unión cónica
Fuente propia*

8.1.18. Aspa de agitación.

Para las paletas se decidió tener un ángulo menor al de 90° dado que es más eficiente al movimiento requerido ya que no es altas revoluciones si no que se empleara la regulación de giro a bajas revoluciones



*Ilustración 26 Aspa elaboración
propia*

Las dimensiones requeridas para el aspa es de una envergadura total de 5.5 cm * 1/16 de espesor, además de que se realizó con dos unidades de tipo paleta un ajuste de tubo al cual se le soldaron las paletas y un perno prisionero.

8.1.19. Estabilización de la fuente.

Ya tenemos una señal continua bastante decente, casi del todo plana, ahora solo nos falta estabilizarla por completo, para que cuando aumenta o disminuye la señal de entrada a la fuente, no afecte a la salida de la misma.



Ilustración 27 Etapa de transformación de la energía extraído de (García V. , 1999)

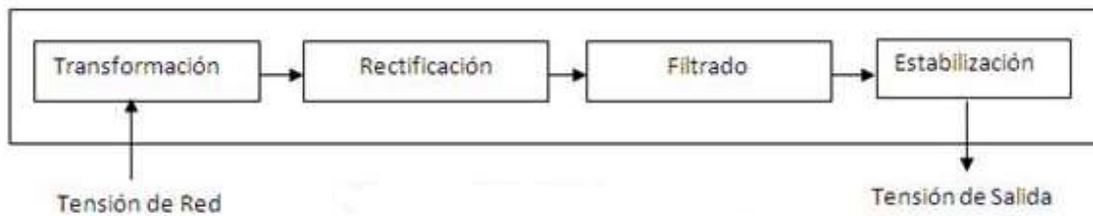


Ilustración 28 Diagrama de Bloque de la transformación de la energía extraído (Francisco, 2018)

8.1.20. Pantalla LCD.

La pantalla LCD es de gran importancia para el proyecto ya que permite a los usuarios, en este caso a la analista la visualización de los parámetros que se encuentren censado después del encendido del sistema, del sensor pH, el control de temperatura, además de los estados en que se encuentran las variables en tiempo real.

Tabla 13 Caracterización de la pantalla LCD

Pantalla LCD	16X2
Alimentación	4,7-5,3 [V]
Pin de datos	8
Ajuste de contraste	Con resistencia variable
Corriente	260 mA
Filas	2
Columnas	16

Fuente propia

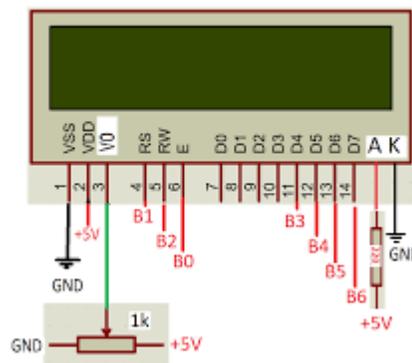


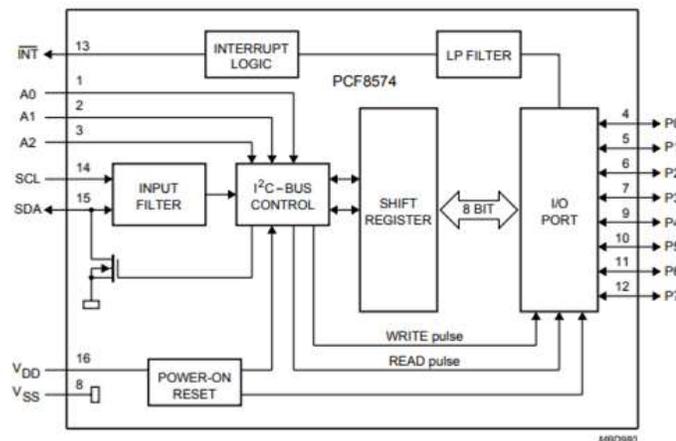
Ilustración 29 Diagrama de pantalla LCD extraído de (Lizama y López, 2016)

Tomando en cuenta los estados que se necesitan para visualizar se optó por una pantalla LCD de 16X2, es decir, dos filas y dieciséis columnas, ya que son económicos y especialmente fáciles de programar además de poder utilizar un I2C para poder hacer más fácil el software de visualización.

8.1.21. Módulo I2C.

La interfaz de I2C nos permite conectar el LCD utilizando solo 2 pines (SDA y SCL). Este módulo es compatible con los LCD 1602 y LCD 2004. El Módulo está basado en el controlador I2C PCF8574 que es un Expansor de Entradas y Salidas digitales controlado por I2C. Por el diseño del PCB este módulo se usa especialmente para controlar un LCD Alfanumérico.

La dirección I2C por defecto del módulo puede ser 0x3F o en otros casos 0x27. Es muy importante identificar correctamente la dirección I2C de nuestro modulo, pues de otra forma nuestro programa no funcionará correctamente. Para identificar la dirección específica de nuestro módulo podemos utilizar un pequeño sketch de prueba llamado: I2C Scanner, el cual nos permite identificar la dirección I2C del dispositivo conectado al Arduino.



*Ilustración 30 Diagrama I2C 8574
extraído de (Alldatasheet, 1999)*

Tabla 14 Caracterización del módulo I2C

Caracterización técnicas	
Voltaje de Alimentación	5V DC
Controlador	PCF8574
Dirección I2C	0x3F (en algunos modelos es 0x27)
Jumper para Luz de fondo	
Potenciómetro para ajuste de contraste	

Fuente propia

8.1.22. Modulo L298N.

El chip L298N, permite controlar dos motores de corriente continua, o un motor paso a paso bipolar, en ambos casos de hasta 2 A por salida. El módulo es autosuficiente para funcionar en el control de los motores, sin que sea necesario disponer de elementos adicionales. Ya tiene los diodos de protección de contracorriente y un regulador LM78M05 interno que suministra 5V a la parte lógica del integrado L298.

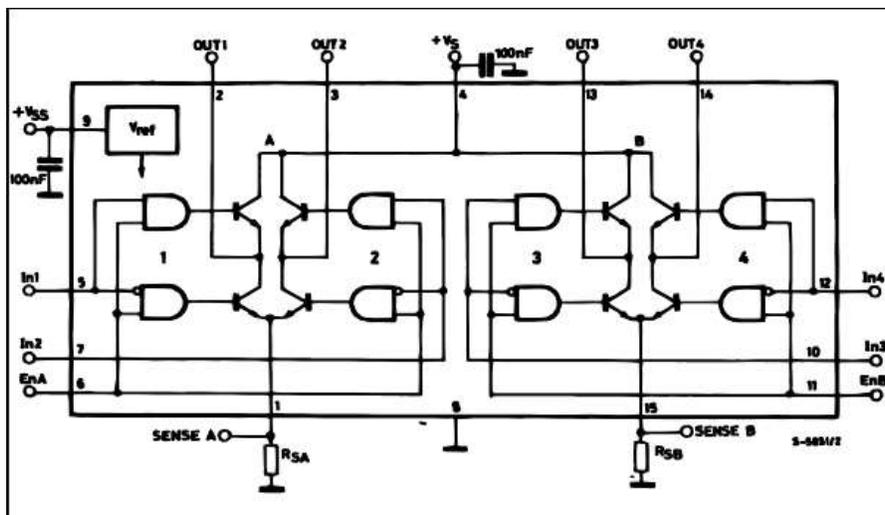


Ilustración 31 Diagrama interno del L298N

La salida en la bornera A esta compuesta por las líneas OUT1 y OUT2, y la salida B por OUT3 y OUT4. En la parte inferior se encuentran los pines de control del módulo, marcados como IN1, IN2, IN3 e IN4. A los lados de estas señales encontramos un pin de 5V preparado para colocar puentes de selección (jumpers) que habilitar cada una de las salidas del módulo, A y B). Los pines de habilitación son nombrados, respectivamente, ENA y ENB (por la palabra en inglés Enable = Habilitación).

8.1.23. Control de velocidad del Agitador.

Para controlar el agitador se realizó un circuito con el IRF640 para poder variar la velocidad al momento de mantener una velocidad continua y de baja revoluciones el cual era el más indicado para el medio y el eje de agitación.

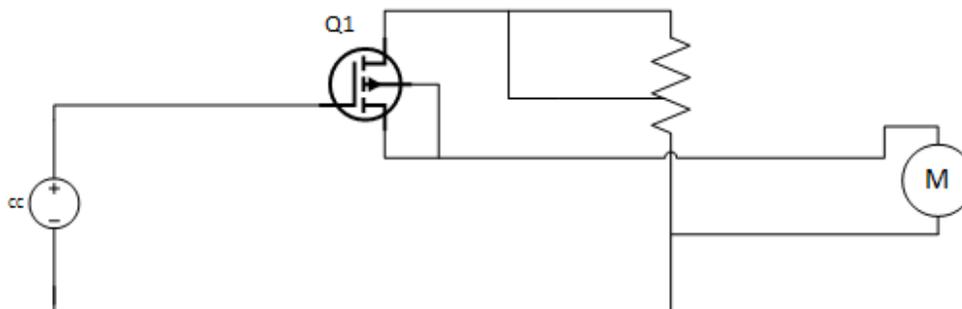


Ilustración 32 Diagrama de control de velocidad elaboración propia

8.2. Diseñar código c++ avr-libc, software que permita controlar automáticamente las mediciones más precisas para las variables pH y temperatura

Existen numerosos compiladores de C++ en el mercado. Desde ediciones gratuitas y descargables a través de Internet hasta profesionales, con costes diferentes, comercializados por diferentes fabricantes. Es difícil dar una recomendación al lector por-que casi todos ellos son buenos compiladores, muchos de ellos con Entornos Integrados de Desarrollo (EID).

Existen varias versiones gratuitas que puede descargar desde Internet. Algunos de los más reconocidos son:

Dev-C++ de Bloodshed que cumple fielmente el estándar ANSI/ISO C++ (utilizado por los autores del libro para editar y compilar todos los programas incluidos en el mismo) y que corre bajo entornos Windows; GCC de GNU que corre bajo los entornos Linux y Unix. (Joyanes y Sánchez, 2006)

8.2.1.El algoritmo.

Es la especificación concisa del método para resolver un problema con indicación de las acciones a realizar. Un algoritmo es un conjunto finito de reglas que dan una secuencia de operaciones para resolver un determinado problema. Es, por tanto, un método para resolver una dificultad que tiene en general una entrada y una salida. (Joyanes y Sánchez, 2006)

Las características fundamentales que debe cumplir todo algoritmo son:

- a) Un algoritmo debe ser preciso e indicar el orden de realización de cada paso.
- b) Un algoritmo debe estar bien definido. Si se sigue un algoritmo dos veces, se debe obtener el mismo resultado cada vez.

- c) Un algoritmo debe ser finito. Si se sigue un algoritmo, se debe terminar en algún momento; o sea, debe tener un número finito de pasos.

8.2.2. Estructura de programación C++ que permita manipular las variables.

La estructura básica del lenguaje de programación de C++ es bastante simple y se compone de al menos dos partes. Estas dos partes necesarias, o funciones, encierran bloques que contienen declaraciones, estamentos o instrucciones.

8.2.3. Estructura de software.

```
void setup () {  
    // Configuración  
}  
  
void loop () {  
    // Ejecución del Programa en bucle  
}
```

a) Setup

La función setup () se ejecuta solo una vez cuando el programa comienza. Se usa para inicializar los pines con los que vamos a trabajar o el puerto serie.

b) Loop

Después de la ejecución del setup, se ejecuta la función loop (). Esta función se ejecuta en bucle una y otra vez mientras la placa tenga corriente eléctrica. Este ejecuta el programa en sí, es decir, contiene el código funcional.

c) Funciones

Una función es un conjunto de código que tiene nombre propio y se les asocia el tipo de dato que van a manejar, a estas funciones se le pueden pasar datos y estas nos pueden devolver datos.

d) Llaves {}

Las llaves {} sirven para definir el principio y el final de una función o un control de flujo.

e) Punto y coma;

El punto y coma es fundamental, se usa para diferenciar líneas de código y siempre se tienen que poner, en caso de que no se ponga, no funcionará el programa.

8.2.4. Programa a utilizar.

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso.

El hardware libre son los dispositivos cuyas especificaciones y diagramas son de acceso público, de manera que cualquiera puede replicarlos. El software libre son los programas informáticos cuyo código es accesible por cualquiera para quien quiera y pueda utilizarlo o modificarlo.

8.2.5. Diagrama de flujo del software.

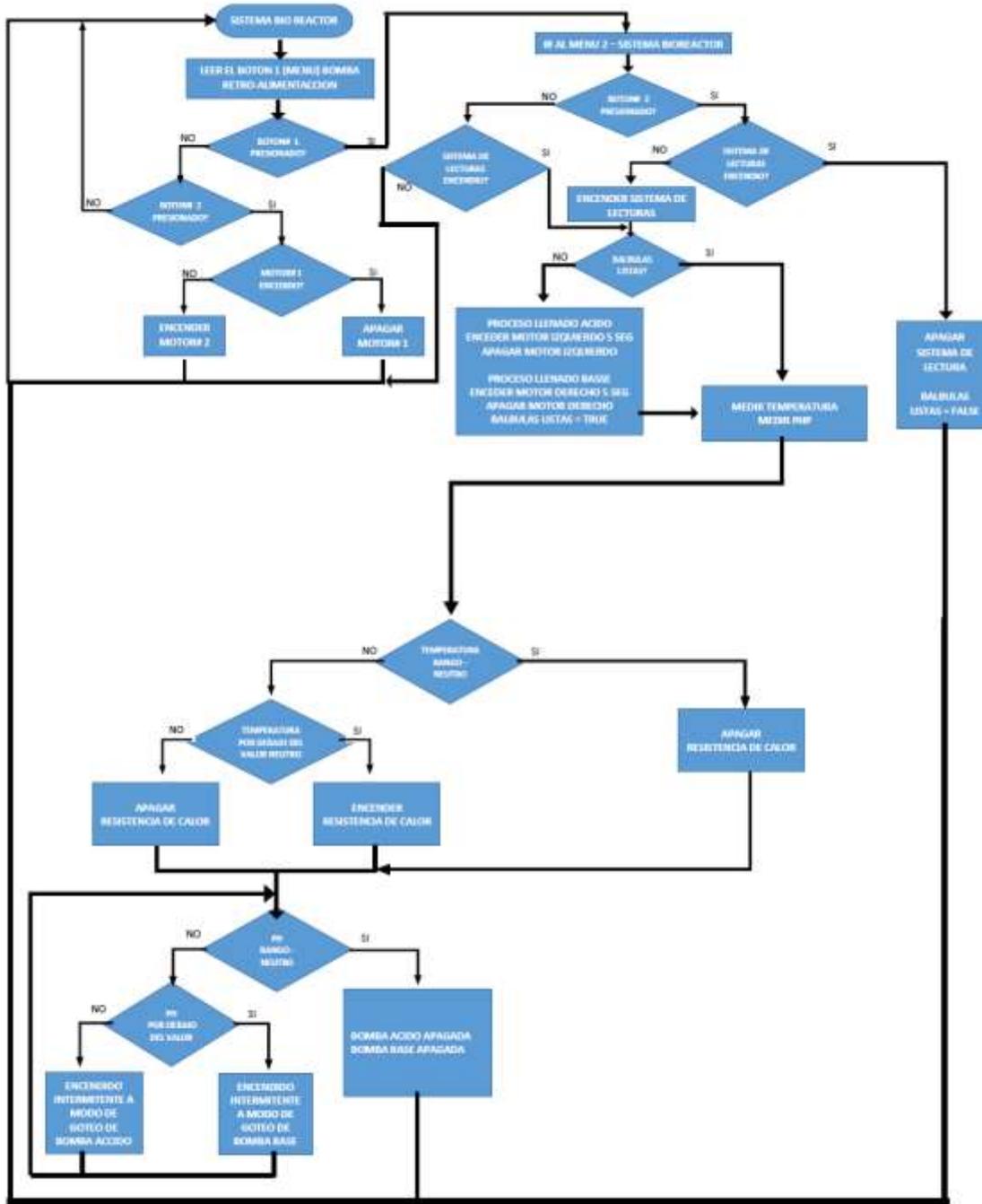


Ilustración 33 Diagrama de flujo del software fuente propia

8.3. Desarrollar prototipo de medición precisa a escala de mesa para laboratorio que pueda sostener una población de bacterias anaerobias estable y constante.

8.3.1. Identificación de variables con la analista.

Para poder desarrollar el prototipo de precisión de medición a tamaño de mesa para realizar análisis, crecimiento de bacteria y producto terminado, se consideraron las principales variables físicas a medición que implicaran en el desarrollo del prototipo, dando lugar a una entrevista individual y personal a la analista del Laboratorio.

A la cual se le hizo una serie de preguntas.

- a) ¿Qué equipo necesitarían si se diera la oportunidad de un prototipo como proyecto?

Ella respondió que si se diera la oportunidad sería de un controlador con mayor precisión y automatizado de variables físicas.

- b) ¿Qué medio controlaría o que variables tendría en el medio a controlar?

Respondió que las principales variables a controlar en un medio físico son el pH y temperatura que para cualquier proceso bioquímico son críticos.

- c) ¿Qué proceso se realizaría con este prototipo o cual sería el fin con este prototipo?

Respondió que sería un proceso de elaboración de lipasa.

- d) ¿Con que tipo de medio u organismo lo haría y que especificaciones tendría este microorganismo?

Respondió que cada proceso tiene sus condiciones de montaje pero expreso que ocuparía un hongo filamentoso (*Aspergillus sp*).

e) Tiene algunas especificaciones técnicas para trabajar con el *Aspergillus sp.*

Me indico que ellos tienen métodos y protocolos a seguir y que este hongo tiene una efectividad de crecimiento en un ambiente controlado con un pH establecido en 5 unidades, una temperatura estable de 35°C, con una agitación del medio a baja revoluciones, una pantalla para visualización de datos y poder registrarlos y además de un menú para poder hacer ciertas funciones.

8.3.2. Diagrama de Bloque de flujo

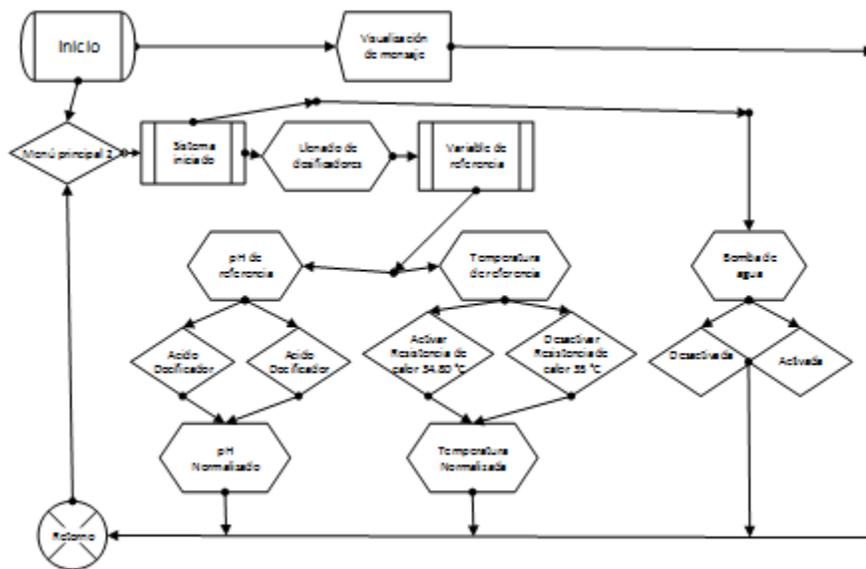


Ilustración 34 Diagrama de bloque de flujo fuente propia

Este proceso del sistema se inicia con visualización de saludo en la pantalla mientras no se presionen los botones de los dos menús, en el primer botón se destinó para el cambio de submenú, con el segundo botón se presiona para iniciar la bomba de agua en activación y el encendido del sistema para posteriormente rellenar las bombas peristálticas en diferentes momentos.

8.3.3. Biorreactor diagrama de flujo.

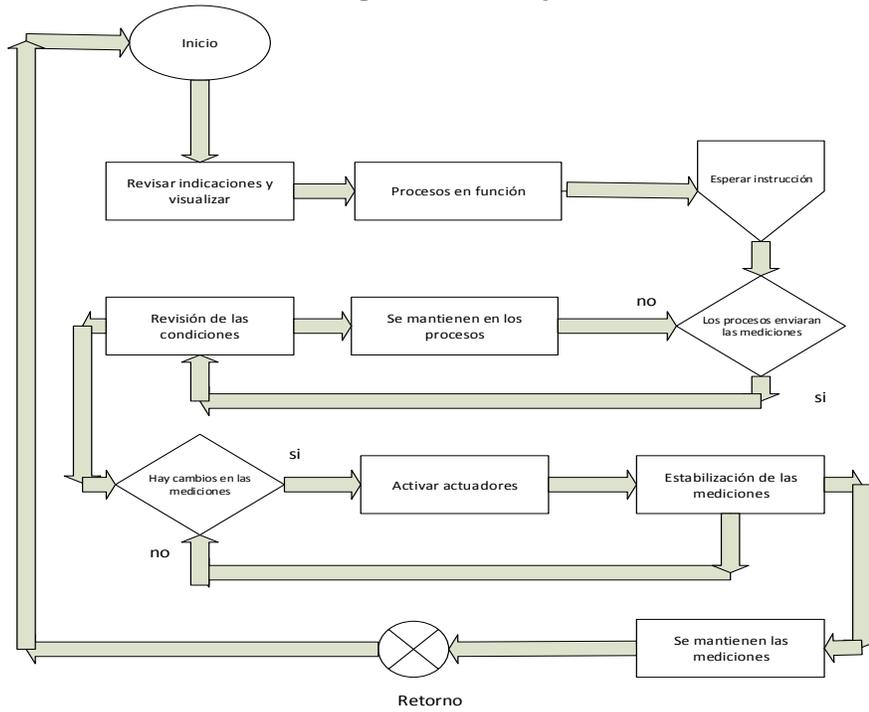


Ilustración 35 Diagrama de flujo fuente propia

8.3.4. Diagrama Unifilar del Prototipo de medición.

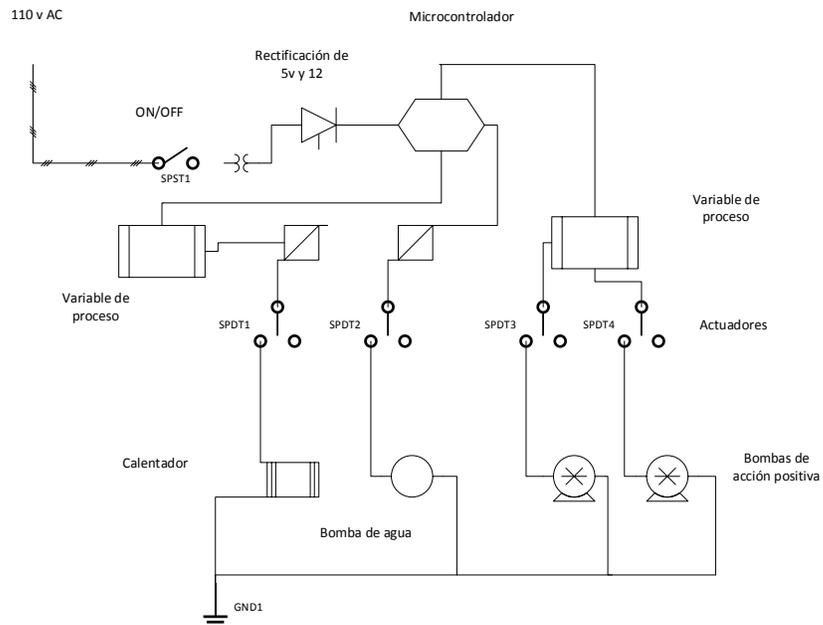


Ilustración 36 Diagrama unifilar del sistema de medición

8.3.5. Especificaciones de diseño.

Se definieron las siguientes para el prototipo de medidas de precisión.

- Medición altamente precisa del nivel de pH en el medio de toma de pH y temperatura.
- Funcionamiento autónomo, es decir, sin analista más que para iniciar el funcionamiento del equipo.
- Manipulación sencilla por parte del usuario.
- Robustez, debido a que la medición puede desplegarse en ambientes condiciones normales y helados.

Descripción general del diseño e instrumento de medición de temperatura y pH: El dispositivo fue constituido por tres módulos:

- Alimentación
- Procesamiento
- Visualización

Básicamente, el primer módulo supe de energía eléctrica continua a todo el circuito; el segundo módulo capta la señal análoga proveniente del sensor o electrodo de pH y temperatura posterior realiza la adecuación de la señal y control de las mismas; en tanto que el tercer módulo lleva a cabo su respectiva visualización en tiempo real.

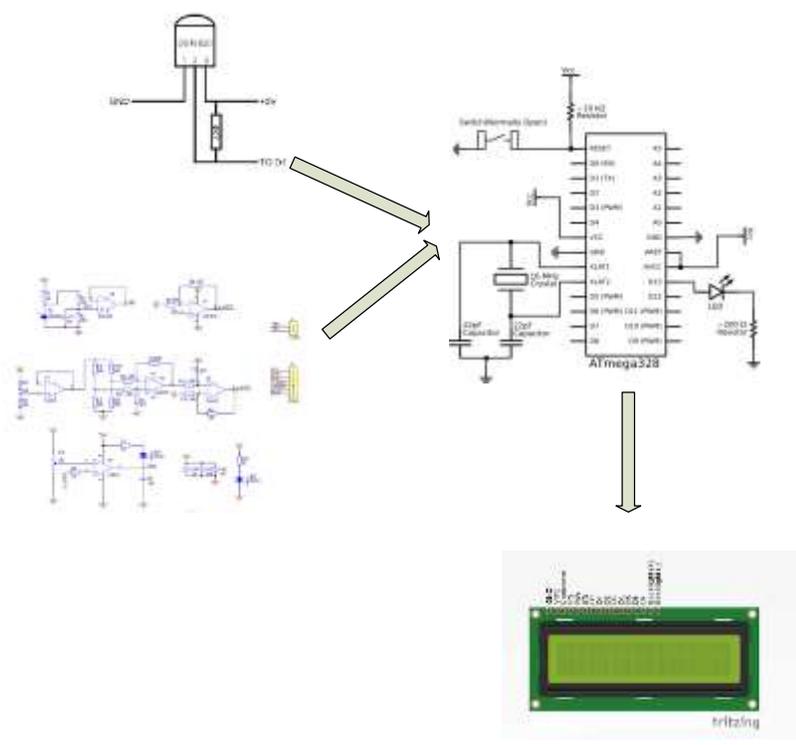


Ilustración 37 Diagrama esquemático del prototipo fuente propia

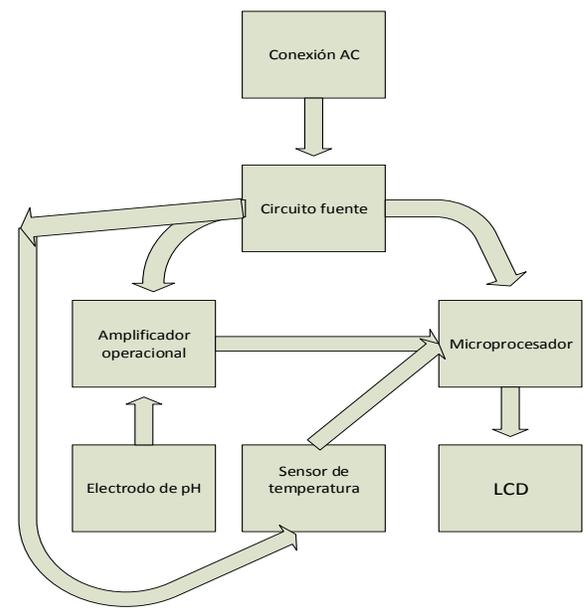


Ilustración 38 Diagrama de bloque de medición de temperatura y pH fuente propia

8.3.6. Módulo de alimentación.

Hay varias formas de medir el nivel de pH según las condiciones de la aplicación, del medioambiente (esto es, en un laboratorio, en sólidos, en disolventes, directamente en el suelo, etc.) y de la disponibilidad de recursos; con un voltaje de carga de 9 o 12 voltios [2]. Esta fuente entregará al resto del circuito dos tensiones, una de 5 voltios positivos y la otra de 5 voltios negativos. (Zambrano. Camelo. Méndez y Valderrama, 2018)

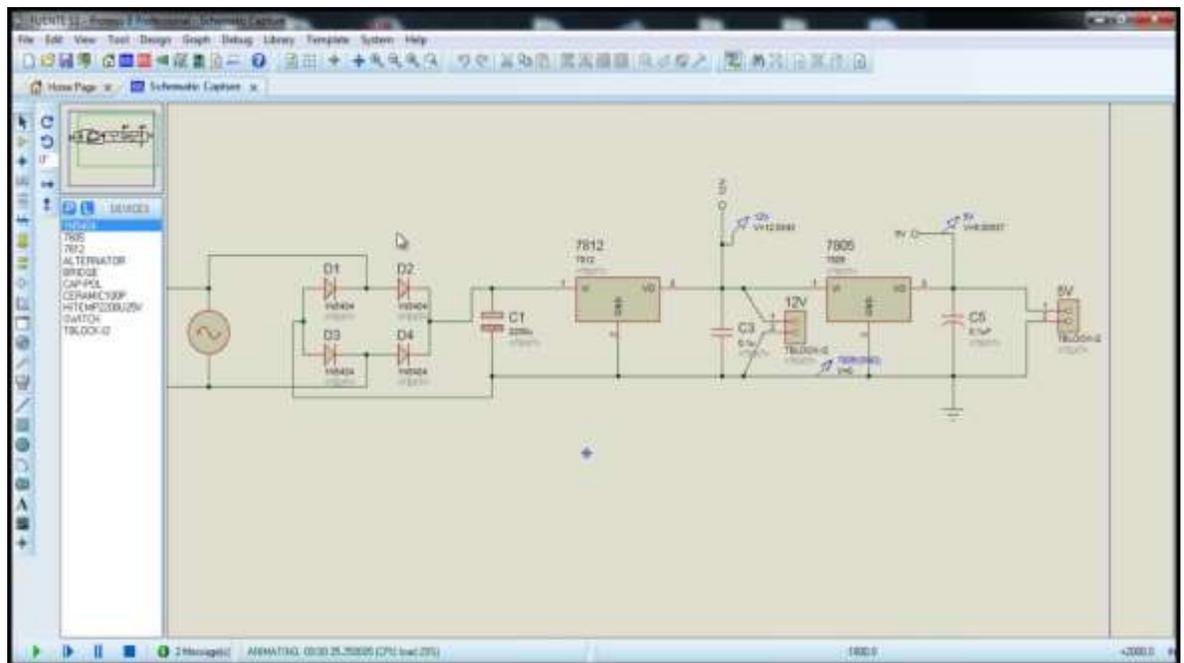


Ilustración 39 fuente de 12 y 5 voltios fuente propia

Este tipo de circuito también es conocido como fuente de voltaje con carga compartida, ello significa que mientras el dispositivo esta encendido, suministra voltaje a los demás circuitos.

La tensión recibida de la fuente, que puede ser de 12 o 5 voltios, llega al regulador de, el cual baja la tensión a unos 8.5 voltios, una corriente de 1.5 amperios. Los capacitores cerámicos al igual que los electrolíticos cumplen con la función de filtrar y estabilizar la tensión.

El otro regulador de voltaje es un 7805. Este también recibe la tensión del cargador para regularlo a 5 voltios. Con este voltaje trabajará la mayoría de componentes del circuito, por ejemplo: el microcontrolador, la pantalla LCD, el modulo pH sensor de temperatura. (Zambrano. Camelo. Méndez y Valderrama, 2018)

Los amplificadores operacionales del módulo de procesamiento trabajan con voltaje positivo y voltaje negativo. Este integrado realiza la conversión de la tensión de alimentación de positivo a negativo para un rango de entrada de 1.5V a 12V, lo que resulta en tensiones de salida complementarias de -1.5V a -12V.

8.3.7. Módulo de procesamiento.

En este circuito se realiza la toma de la lectura de pH hecha por el electrodo, el cual, como se ha tratado anteriormente, genera una diferencia de potencial cerca de las +/- 414 milivoltio. Gracias a la alta impedancia de este circuito, el voltaje es amplificado y posteriormente se ajusta para convertirlo en una escala de 0 a 5 voltios, con lo cual podrá trabajar el microcontrolador en el próximo módulo. El uso de potenciómetros permite realizar la calibración del circuito y, por lo tanto, del instrumento

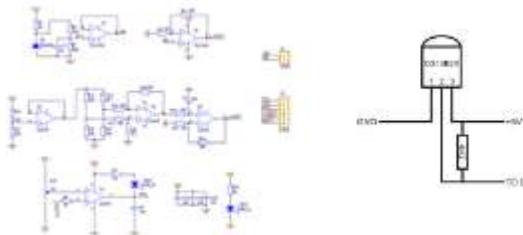


Ilustración 40 Módulos de procesamiento fuente propia

8.3.8. Módulo de visualización.

El programa compilado en el Atmega328 traduce la escala de tensión de la señal de entrada en la escala de pH y temperatura, es decir, de 0 a 14 el pH y de 35°C la temperatura. Por último a través de los pines A4 Y A5, envía los datos al I2C posterior pasa al controlador interno de la pantalla LCD 16x2 y así se visualiza el resultado de la medición de pH y temperatura.

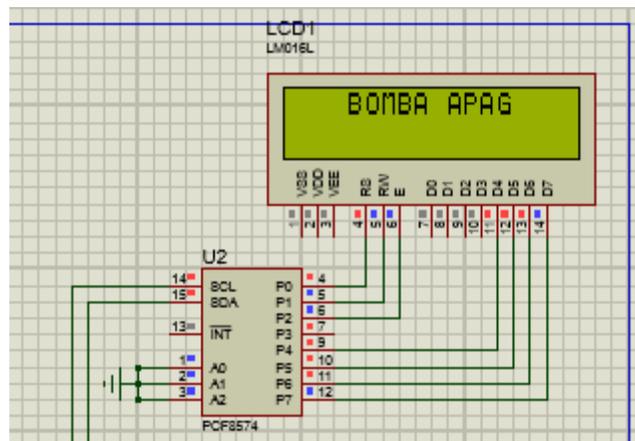


Ilustración 41 Diagrama de visualización de pantalla LCD y i2c en proteus

8.3.9. Diagrama eléctrico del prototipo de medición de precisión.

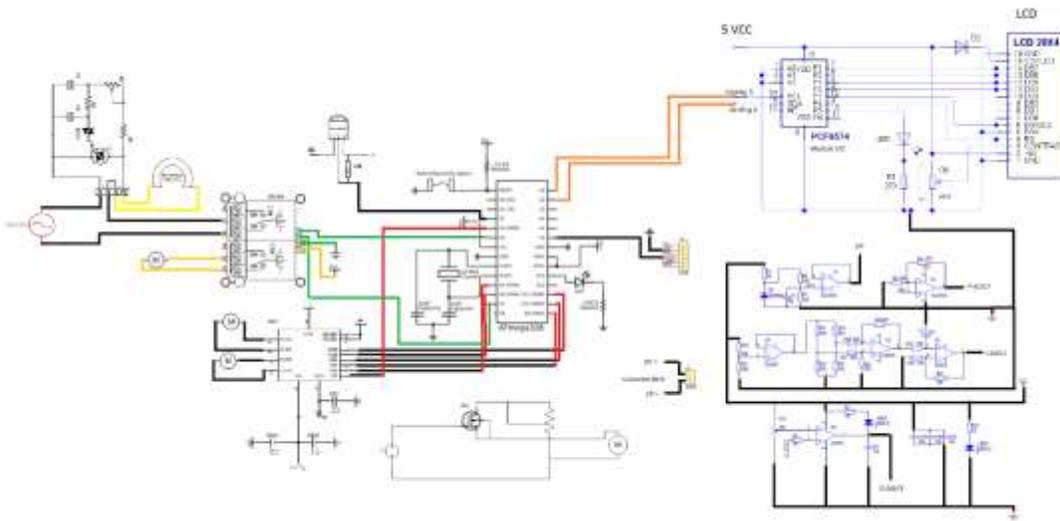


Ilustración 42 Diagrama de conexión eléctrico del prototipo fuente propia

8.3.10. Simulación de circuito y funcionamiento.

Se procedió a realizar el montaje de circuito en proteus.

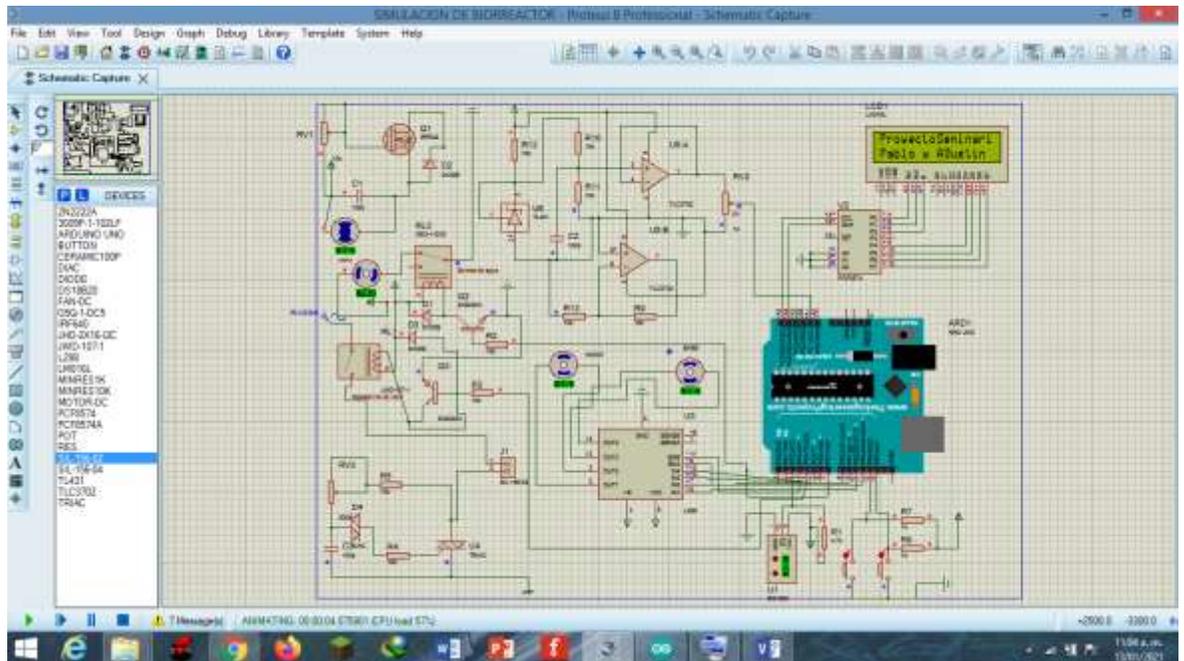


Ilustración 43 Simulación de circuito medición de variables primer menú

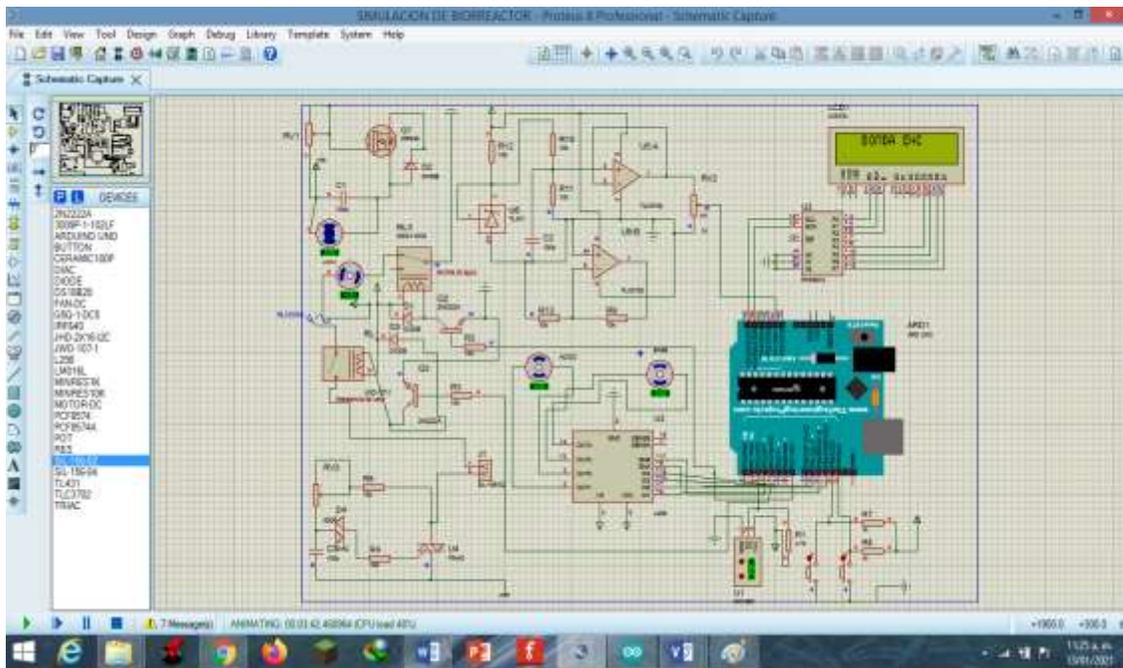


Ilustración 44 Simulación de circuito medición de variables primer menú Bomba de agua encendida

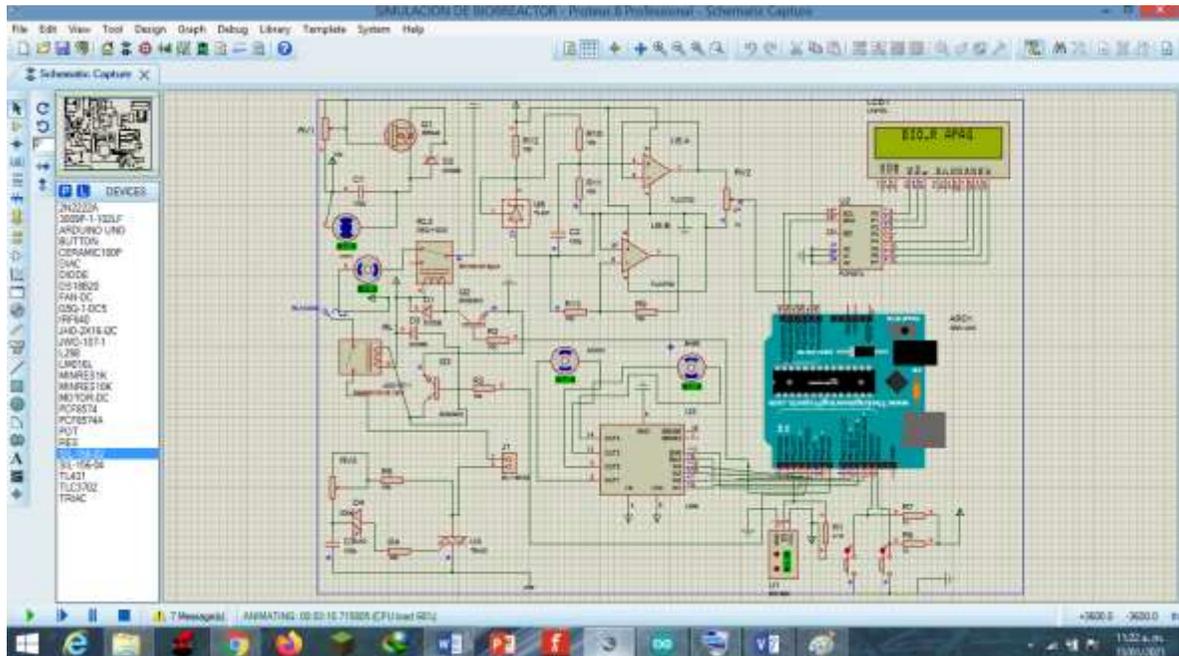


Ilustración 45 Simulación de circuito medición de variables segundo menú

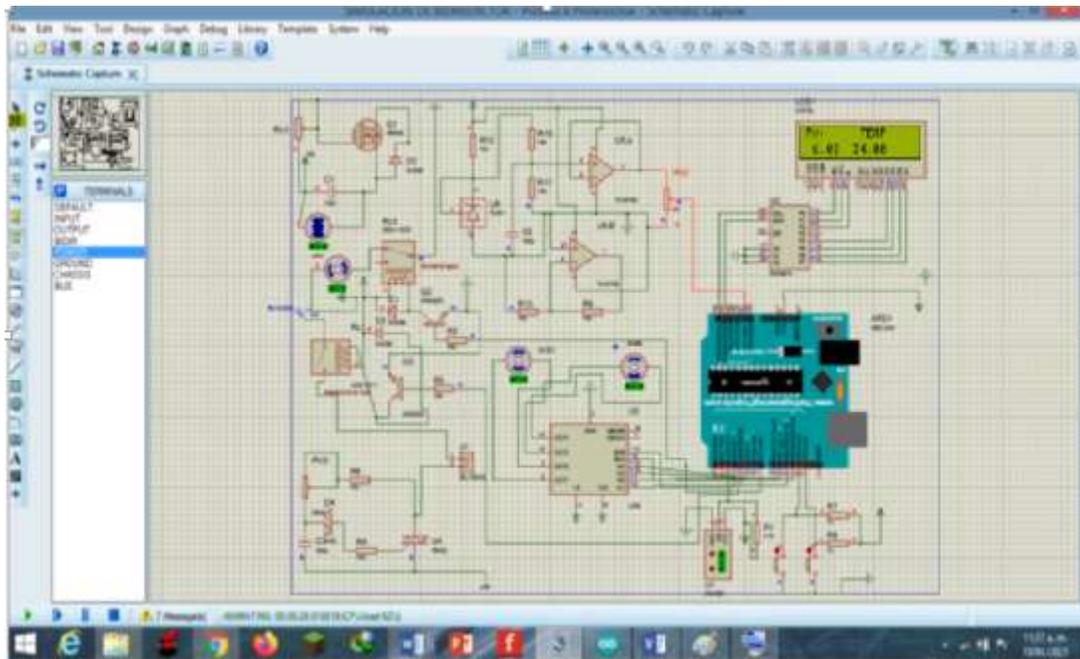


Ilustración 46 Sistema de medición simulado en proteus

8.3.11. Determinar los pines de conexión de cada componente.

La realización de posición para cada componente en las entradas y salidas del microcontrolador Atmega328, se establecieron en el momento de realización de pruebas de cada componente para su verificación de funcionamiento.

Tabla 15 Ubicación de componente en pines asignado

Numero de pin de entrada y salida	Componente
A0	pH
A4 y A5	I2C y LCD
2	Sensor 18B20
3	Dosificador 1
4	Relé resistencia de calor
5	Sentido de dosificador 1
6	Velocidad de dosificador 1
7	Relé de bomba de agua
8	Sentido de dosificador 1
9	Sentido de dosificador 2
10	Sentido de dosificador 2
11	Velocidad de dosificador 2
12	Menú de botón función 1 y 2
13	Enc / Apa menú individual

Fuente propia

8.3.12. Componentes del prototipo

- a. Materiales y componentes a utilizar:
- b. Reactor de vidrio con chaqueteado doble capa, con capacidad de 1L volumen.
- c. Microcontrolador ATmega 328
- d. Sensor pH y modulo de registro de señal.
- e. Sensor de temperatura.
- f. Resistencia de calor de recirculación.
- g. Atenuador de corriente AC.
- h. Bombas peristálticas.
- i. Bomba de agua de baja presión.

- j. Control de velocidad para dosificadores.
- k. Control de motor para motor DC.
- l. Motor dc.
- m. Modulo de relé.
- n. Pantalla digital.
- o. Pulsadores
- p. Fuentes de voltajes.
- q. Baquelita perforada
- r. Manguera de goma para temperatura.
- s. Otros.

8.3.13. *Diseño de algoritmo y software.*

El programa que lleva el microcontrolador fue realizado en lenguaje C, de fácil comprensión. Este configura el Atmega328 para recibir la tensión escalizada de 0 a 5 voltios por el pin A0, lo cual es una señal ya procesada por los amplificadores operacionales del módulo visto anteriormente.

Tabla 16 Valores en mV de la escala de pH

Voltaje	pH Valor	Voltaje (mV)	pH Valor
414.12	0.00	-414.12	14.00
354.96	1.00	-354.96	13.00
295.80	2.00	-295.80	12.00
236.64	3.00	-236.64	11.00
177.48	4.00	-177.48	10.00
118.32	5.00	-118.32	9.00
59.16	6.00	-59.16	8.00
0.00	7.00	0.00	7.00

Fuente propia

8.3.14. Pruebas de funcionamiento realizadas en el Laboratorio

En este proceso se decidió con la Doctora Martha Lacayo llevar un proceso de verificación de funcionamiento del equipo para esta actividad se destinó un recurso del laboratorio quien se encargaría de calibrar el equipo de acuerdo a sus normas de calibración, los resultados obtenidos fueron enviados a la doctora avalando el funcionamiento por el analista a cargo, de las pruebas del equipo que se sustentan en los anexos.

8.3.15. Resultados y discusión de mediciones en dos punto de pH.

En las pruebas directas en el laboratorio la medición de una sustancia ácida

La primera se realiza a lo que puede ser una sustancia con un valor de pH cercano a 3, es decir, ácidos como el zumo de limón. Tensión generada por el electrodo: -450mV

- Tensión al Atmega328: 2,58V
- Nivel de pH: 3,77

8.3.16. Prueba de medición de una sustancia neutra.

La prueba se realiza a lo que puede ser una sustancia con un valor de pH cercano a 7, es decir, agua destilada.

- Tensión generada por el electrodo: -50mV
- Tensión al Atmega328: 1,74V
- Nivel de pH: 7,33

8.3.17. Pruebas en el Laboratorio.

El día lunes 14 de noviembre se realizaron pruebas de medición de pH y temperatura.

Tabla 17 Resultado de pruebas de ph

Mediciones de pH		
Inicial	5.90	5.98
Día 1	5.88	5.96
Día 2	5.95	5.80
Día 3	6.00	5.96
Día 4	5.90	5.93

Fuente propia

Tabla 18 Resultados de las mediciones de temperatura

Mediciones de temperatura		
Inicial	Prototipo 4:00 pm	Tiempo 8:10 am
Día 1	34.98	35.00
Día 2	34.95	35.10
Día 3	35.00	35.06
Día 4	35.10	34.93

Fuente propia

De acuerdo a lo establecido en el software donde se determinó que las condiciones establecidas se estaban cumpliendo ya que el pH se controlaba entre el rango de 5.90 a 6.10 cumpliendo de igual manera la temperatura se mantuvo en los rangos de precisión que se generaron con el código ya que antes de ser puesto a prueba se calibro con los búferes correspondientes a un valor correctivo para registrar solo los valores positivos al poner el valor correctivo para registrar solo los valores positivos.



*Ilustración 47 Momento de calibración de sensor de temperatura
Fuente propia*

La calibración se llevó acabo con un termómetro de mercurio el cual al momento, se empezó con una temperatura en el interior del local de 20 °C y del medio donde se tomó el censado con la sonda sumergiéndola.

Para comprobar el resultado de medición y control de la temperatura se procedió a realizar una prueba critica de bajar drásticamente la temperatura del medio de censado para corroborar si el sensor detectaba el cambio de temperatura y para posteriormente el software empiece a realizar los procesos de estabilización de la temperatura.



Ilustración 48 Cambio de temperatura con hielo en funcionamiento Fuente propia

Al tomar las debidas fotos y además un video se presentó el resultado de la temperatura a estabilizarse el cual se ve en la imagen 40 una temperatura de 30.19°C pero todavía estabilizando a 30°C el cual cumplía con el propósito de la temperatura deseada llegando a variar entre los rango de 29.81°C y de 30.21°C estando entre el rango de +/- 0.5 de margen de error.

8.3.18. Manual de inicialización del sistema.

El proceso de inicialización del sistema del reactor es el siguiente el cual se realizara en la siguiente tabla.

Tabla 19 Sistema de funcionamiento de cada componente

Iniciar	Conectar a la red de 120 voltios AC	
Sistema	Se oprime el encendido activo luz roja	
Sistema	Ingresa a los dos menús	
Primer menú	Bomba de agua apagada	Pulsador 1
	Bomba de agua encendida	Pulsador 2 On/Off
Segundo menú	Biorreactor apagado	Pulsador 1
	Biorreactor encendido	Pulsador 2 On/Off
Peristáltica izquierda	Solución Base	
Peristáltica derecha	Solución Acida	
Temperatura	Atenuador de corriente	Derecha enciende y aumenta la corriente
Potenciómetro	Atenuador de corriente	Izquierda apaga y reduce la corriente
Agitador	Control de velocidad	Izquierda aumenta la velocidad
Potenciómetro		Derecha reduce la velocidad

Fuente propia

En la tabla anterior se muestra el inicio del proceso con los primeros datos obtenidos desde 0 posteriormente se tomó muestra cada 24 horas donde cada muestra se iba depositando en un tubo de ensayo para el análisis de producción de lipasa, la absorbancia es el porcentaje de pérdida o error que hay en la muestra, dando un muestreo positivo de crecimiento.

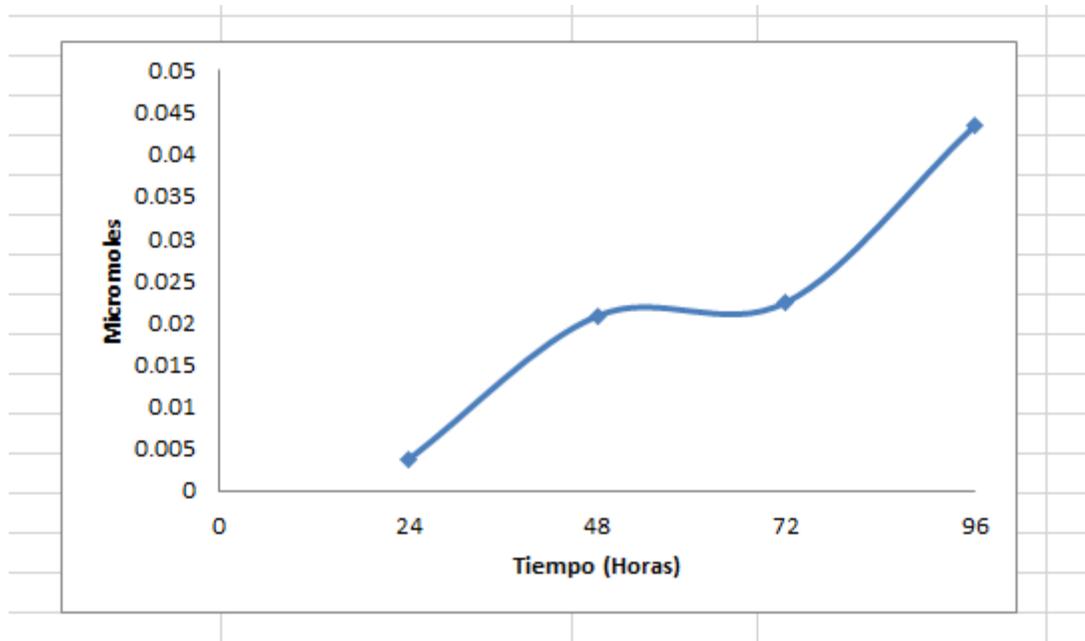


Ilustración 49 Grafica del crecimiento del microorganismo ambiente controlada fuente Romel Uriarte analista

En la gráfica se aprecia la curva de crecimiento de la encima de lipasa pasando de las unidades de centena obtenidas anteriormente, pasando a un crecimiento de decena en el tiempo de 96 horas de trabajo del equipo en el Laboratorio.

Tabla 21 Unidad de medida que se resta según las horas tomadas en el control

Micromoles	Absorbancia (410 nm)
0.449284739	1.680367
0.359427791	1.349067
0.265976565	0.909067
0.179713895	0.6044
0.089856948	0.290067
0.043131335	0.142567

Fuente Romel Uriarte analista

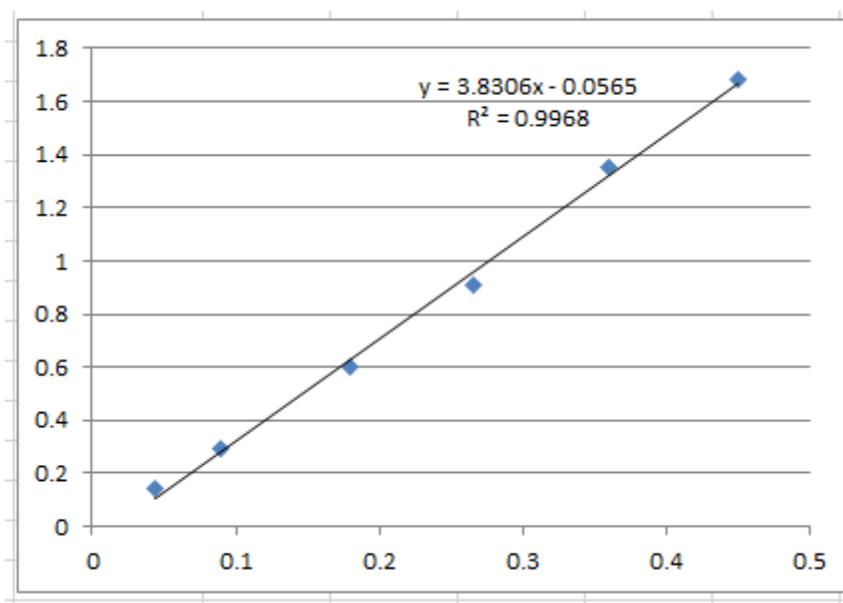


Ilustración 50 Línea recta de crecimiento según el valor Y fuente Romel Uriarte analista

La actividad enzimática del hongo *Aspergillus sp.*, fue en aumento (según el gráfico) en el transcurso de los días de duración del ensayo, esto significa que el control de agitación, pH y temperatura, favorecieron el incremento en la densidad de esporas del microorganismo.

En las lecturas efectuadas por el analista se ve claramente de un proceso de crecimiento de hongo sp el cual al según graficas es de crecimiento en los diferentes etapas de recolecta muestra desde la muestra que estaba siendo controlada como la de muestra de control.

El principal problema era el no tener control total o parcial de las mediciones de las variables físicas, con este proyecto se logró en termino de 96 horas una producción de producto terminado el cual se puede utilizar para diferentes soluciones.

El producto terminado se puede utilizar en remediación de suelos contaminados, uso de alimentos, mejoramiento de materiales para la construcción el producto terminado tiene una gran utilidad para la sociedad humana.

8.4. Presupuesto del Equipo de medición.

El precio de cada componente que integra el prototipo de medición incluyendo transporte y cenos llega a un costo de lo esperado ya que cuentas con circuitos de fábrica.

En el presupuesto se consideraron los cables de conexión, estaño para soldaduras, carcasa y demás componentes que integran el costo total del equipo de medición de variables físicas.

Detallando el costo de unidad y el total en córdobas y dólares para obtener un monto de acuerdo al precio que los componentes se encuentran tanto en el mercado nacional como internacional algunos de las piezas se cotizaron en euro procediendo a hacer el cambio a moneda dólar para establecer el precio de la pieza.

Tabla 22 Presupuesto del prototipo de medición

PH	1	\$15.27	523.61	523.61
18B20	1	\$1.43	49	49
Peristáltica bomba	2	\$5	171.45	342.9
Agitador	1	\$75.90	2600	2600
Motor de agitador	1	\$2	68.58	68.58
LCD	1	\$5	171.45	171.45
I2C	1	\$7	240	240
L298N	1	\$6.85	234.89	234.89
Módulo relé	1	\$5.14	176.25	176.25
IRF640	1	\$4.28	146.76	146.76
Potenciómetro 10 K	1	\$1.14	39	39
Dimer	1	\$8.75	300	300
Resistencia de Calor	1	\$5.14	176.25	176.25
Bomba de agua	1	\$1.14	39	39.09
ATmega328	1	\$14.25	488.63	488.63
Vaso Reactor	1	\$270.00	9258.3	9258.3
Transporte		\$38	1333.8	1333.8
Viveres		\$100	3500.10	3500.10
Total		\$528.71	18183.1	18354.71

Fuente propia

9. CONCLUSIONES

- a. Mediante la instrumentación electrónica se desarrolló un prototipo con precisión para controlar parámetros de operación (variables físicas) como lo es el pH y la temperatura, permitiendo tomar los datos en tiempo real y de esta manera controlar el proceso en su totalidad de automatización de los parámetros.

- b. El desarrollo de la programación es a través del software libre de Arduino, donde se diseñó el código del lenguaje de programación y en el desarrollo integrado de código abierto basado en c++, microcontrolador Atmega328, además de lo antes mencionado, se pueden tomar los datos simultánea entre temperatura pH y velocidad de agitación controlada, lo cual puede ofrecer un panorama general de que es lo que está sucediendo en el ambiente controlado.

- c. Con las pruebas de funcionalidad en el laboratorio se realizaron tomas de muestra para determinar el crecimiento obtenido con el proceso de medición precisa que permitió controlar, monitorear y visualizar el proceso de análisis.

10. RECOMENDACIONES

Estas recomendaciones se le hacen al Laboratorio

- a. La primera recomendación se realiza en la presentación del Biorreactor el cual se puede modificar la carcasa y poder darle una mejor visualización del equipo el cual se puede realizar en una impresora 3d para integrar tanto la circuitería y la parte calefactora en una sola carcasa.
- b. En el análisis de la funcionalidad se recomendaría aumentar las opciones de menú para disponer de más opciones de funcionamiento del dispositivo para no tener la necesidad de tener una pc para estar realizando cambios de variables para otros procesos que se podrían realizar con el Biorreactor.
- c. En el proceso de calibraciones se observó que la que los equipos que se utilizan termómetros utilizan resistencias de sumergibles y tenían un periodo de mejor tiempo de respuesta de calibración.
- d. Además en el momento se observó que si se establecía en una escala y tiempo el atenuador de corriente para la resistencia de recirculación se tendría menor tiempo de estabilización para posteriormente dejarlo en la posición de trabajo.
- e. Se recomienda que la sonda de pH debe de estar en una solución de kcl para poder proteger la membrana de medición ya que se deteriora con más facilidad ya que es un equipo delicado recomienda el analista.
- f. Además se recomienda realizar una fuente conmutada para reducir espacio y tener un mejor control del voltaje y corriente que cada componente consume para mejorar el +/-0.5 de error y lograr llevar este margen aún más cercano a cada punto de calibración.

- g. En las calibraciones de pH como de temperatura se recomendó utilizar los tapones de acuerdo a las diferentes temperatura ya que el pH varia en diferencia de temperatura por ende es mejor calibrar a temperatura de 25°C que recomienda el fabricante para diferencia de cero en cada punto de calibración.
- h. En el proceso de calibrado se recomienda limpiar la sonda de pH con soda caustica al 10% para quitar cualquier impureza que pueda llegar a tener el electrodo en su punto de medición (Bulbo de vidrio).
- i. Para la calibración de la temperatura y obtener mejor tiempo de estabilización se recomienda utilizar el atenuador de corriente al máximo para posterior mente bajar la corriente en un aproximado para luego dejarlo en el punto de trabajo ideal para la temperatura deseada.
- j. Se recomendó la selección de velocidad del agitador al analista ya que el indicara el movimiento ideal del aspa para no romper la membrana del *Aspergillus sp* y que quede en la velocidad ideal.
- k. Se recomienda que en el proceso de encendido se active primero el primer menú que consta de una activación de bomba de agua y el mismo menú apaga la bomba de agua.

Recomendaciones a posibles tesis de proyectos similares.

- a. Mantener estable tanto la corriente y el voltaje según especificaciones técnicas del fabricante.
- b. Mejorar la fuente de alimentacion por ejemplo con una fuente conmutada establecer corriente y voltajes de acuerdo al fabricante.
- c. Aumentar mas el menú de selección de actividades del equipo.

11. BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- Alldatasheet. (1999). *Findchips*. Recuperado el 18 de 08 de 2020, de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/18212/PHILIPS/PCF8574.html>
- Amilcare. (2018). Los fundamentos de motores. *ElettroAmici*. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de <https://www.elettroamici.org/es/nozioni-di-base-sui-motori-bldc/>
- AODD, C. (08 de 02 de 2019). Funcionamiento de la bomba peristáltica. *Debem.com*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://www.debem.com/es/funcionamiento-bomba-peristaltica/>
- Bussi, J. (2004). Electrodo para medir pH. *XIII Seminario de Ing. Biomédica*, 5. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de <http://www.nib.fmed.edu.uy/Ciganda.pdf>
- Castillo, U. V. (2013). Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. 20. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf
- Delgado. Vanega y Delgado, M. M. (2007). Calibración de un pHmetro y Control de Calidad. (UNAN-León, Ed.) *Metrología Química I*, 1(14-20), 7. doi:<http://dx.doi.org/10.5377/universitas.v1i1.1627>
- Factory, G. (30 de 06 de 2019). DS18B20 con Arduino. *tutoriales Arduino*. Recuperado el 19 de 07 de 2020, de <https://www.geekfactory.mx/tutoriales/tutoriales-arduino/ds18b20-con-arduino-tutorial-de-sensor-de-temperatura-digital/>
- Francisco, J. (11 de 05 de 2018). El filtrado de una fuente de alimentación. *Electricidad y Electronica*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <http://www.cifpn1.com/electronica/?p=3096>
- García. (2013). *Apuntes de sistemas de control*. ECU. Recuperado el 12 de 07 de 2020, de https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/62263?fs_q=sistema__de__control__con__s__oftware&prev=fs
- García, V. (22 de 06 de 1999). Recuperado el 18 de 07 de 2020, de diarioelectronicohoy.com/blog/leccion-3-fuentes-de-alimentacion
- García, V. (13 de 11 de 2010). Pulsadores. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/pulsadores-sin-rebotes>

- Granados, Villega y Villalobos. (2014). Tratamiento y análisis de las muestras para. 58. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de <https://www.ciabcr.com/charlas/El%20Cina%20a%20su%20alcance/TratAnalM.pdf>
- Instruments, T. (2004). TL431 Diodo. Recuperado el 18 de 08 de 2020, de <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1083117/TI1/TL431.html>
- Jimeno, J. M. (11 de 04 de 2018). Desarrollo de un sistema de monitorización de temperaturas en tiempo real para intercambiador de calor de doble tubo con sondas sumergibles de temperatura DS18B20 usando el microcontrolador Arduino. Cartagena, Colombia. Recuperado el 13 de 07 de 2020, de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/6932/tfg-mardes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Joyanes y Sánchez, L. A. (2006). *Programación en C++. Un enfoque práctico. Serie Schaum* (primera edición en español ed.). (C. S. González, Ed.) España, Madrid: McGraw-Hill/Interamericanade de España,S.A.U. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de https://www.academia.edu/34123961/Programaci%C3%B3n_en_C_Luis_Joyanes_Aguilar_FREELIBROS
- Lee. Durst y Wrostad, J. y. (2005). *Método oficial aoac 2005.02: contenido total de pigmento de antocianina monomérico de zumos de frutas, bebidas, colorantes naturales y vinos mediante el método diferencial de ph*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=180292>
- Lizama y López, O. M. (2016). *Kit de robótica educativa para*. Escuela especializada en ingeniería itca-fepade, Salvador. Recuperado el 13 de 07 de 2020, de <https://www.google.com/search?q=informe+de+microcontrolador+atmega328&oq=informe+de+microcontrolador+atmega328&aqs=chrome..69i57j33.17446j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Llamas, L. (27 de 06 de 2016). Ingeniería, informática y diseño. *Medir temperatura de líquidos y gases con arduino y ds18b20*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de uisllamas.es/temperatura-liquidos-arduino-ds18b20/
- LMC. (2017). Estructura, funcionamiento,. *Electro Reparaciones LMC*. Recuperado el 17 de 11 de 2020, de <https://www.electroreparacioneslmc.com/2017/11/estructura-funcionamiento-fallss-y.html>
- LMC, E. R. (17 de 10 de 2017). *Estructura y funcionamiento*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://www.electroreparacioneslmc.com/2017/11/estructura-funcionamiento-fallss-y.html>
- López, P. E. (2013). *Automatización de un biorreactor piloto*. Pdf, universidad tecnológica de la mixteca. Recuperado el 12 de 07 de 2020

- Mihelcic, Z. (2012). *Bioingeniería*. (Alfaomega, Editor, & M. d. apoyo, Productor) Recuperado el 15 de 06 de 2020, de Unidad 2. Biorreactores y su aplicacio:
<https://sites.google.com/site/bioingenieriauv15/home/material-de-apoyo>
- MotorTT. (2006). *usattmotor*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de
<http://www.usattmotor.com/about-us>
- Motovario. (2003). Bombas peristálticas. *Aplicaciones y Soluciones* . Recuperado el 13 de 07 de 2020, de <http://www.motovario.com/spa/fields-of-application/industria-mecanica-electromecanica/bombas-peristalticas>
- Motovario*. (28 de 06 de 2012). Recuperado el 17 de 07 de 2020, de
<https://www.motovario.com/spa/solutions/bombas-peristalticas>
- Omega. (2003). Medidor de pH. *Espectro company*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de
<https://mx.omega.com/prodinfo/medidores-de-pH.html>
- Ortuño, L. (12 de 07 de 2016). *riunet*. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de riunet:
<https://riunet.upv.es/handle/10251/67474>
- Pérez y Pérez, J. C. (2015). *Fundamento del hardware*. RA-MA Editorial. Recuperado el 15 de 07 de 2020, de
https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/62457?fs_q=dise%C3%B1o__de__hardware&prev=fs
- Pérez, M. E. (1995). *Instrumentacion Electrónica*. Marcombo. Recuperado el 12 de 07 de 2020, de
https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/101864?fs_q=instrumentacion__electronica&prev=fs
- Quezada, J. E. (30 de 01 de 2018). Determinacion de pH en agua naturales(Método Electrométrico). (L. d. Biotecnología, Ed.) (2), 1-13. Recuperado el 17 de 08 de 2020
- Ramírez. Jiménez y Carreño, L. G. (2016). *Sensores y actuadores: aplicaciones con Arduino*. Grupo Editorial Patria. Recuperado el 12 de 07 de 2020, de
https://elibro.net/es/ereader/unanmanagua/39464?fs_q=Transductores__y__sensores&prev=fs
- Ramos y Aguilera, M. y. (2014). Medición en línea de pH, Temperatura y Agitación de medio de cultivo en. 16. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de
<https://ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-VI/ARTICULO%2017.pdf>
- Rincon, a., angulo garcia, f., & olivar tost, g. (2009). Análisis y control de un biorreactor anaerobio de lecho fijo de flujo ascendente. *Dyna, Volumen 76*(Número 157), 157. Recuperado el 12 de 07 de 2020, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/9559/11486>
- Rosales, L. C. (2019). Los bioprocesos en la biotecnología: uso de biorreactores para la producción y el escalamiento de productos de interes comercial. 32, 41-46. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de

<https://www.google.com/search?q=Los+bioprocesos+en+la+biotecnolog%C3%ADa%3A+uso+de+...+-+Dialnet&oq=Los+bioprocesos+en+la+biotecnolog%C3%ADa%3A+uso+de+...+-+Dialnet&aqs=chrome..69i57.1365j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

- Serrat-Díaz, M., & Méndez-Hernández, A. A. (2015). Construcción y validación experimental de un biorreactor artesanal tipo tanque agitado para fermentaciones sumergidas a escala de laboratorio. *Redalyc*, XXXV(3), 17. Recuperado el 14 de 07 de 2020, de redalyc.org: <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543785003.pdf>
- Sierra, G. A. (09 de 2017). Diseño del sistema de medición y despliegue de temperaturas con. Guatemala,. Recuperado el 14 de 07 de 2020, de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/7963/1/Luis%20Antonio%20Sierra%20Garc%C3%ADa.pdf>
- Tecnind2 (Ed.). (27 de 04 de 2015). Partes de un motor de corriente continua. *Máquinas eléctricas*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://maquinaselectricastecnind.wordpress.com/2015/04/27/partes-de-un-motor-de-corriente-continua/>
- TLC4502, F. O.-C.-C.-T.-R. (1998). Texas Instruments. Recuperado el 18 de 08 de 2020, de https://www.google.com/search?sxsrf=ALeKk00ZmUssZq7Vp6w7MLBbTJTirb1oEQ:1606760585320&source=univ&tbm=isch&q=datasheet+tlc4502&sa=X&ved=2ahUKEwjU_LTP8ar tAhV0SDABhH5AAMQ7Al6BAgMEEQ&biw=1517&bih=666
- Toro, R. O. (2015). *Diseño y construcción de una bomba peristáltica*. Recuperado el 13 de 07 de 2020, de bombas peristálticas pdf: <https://www.google.com/search?q=bombas+perist%C3%A1lticas+pdf&oq=bombas+peristaltca&aqs=chrome.7.69i57j0l7.14035j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Trujillo, H. E. (2016). *Diseño de Prototipo para análisis y Control de nivel de acidez en Los Efluentes Mineros Líquidos*. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1871/1/TGT-436.pdf>
- Uribe, V. C. (09 de 2013). Chile. Recuperado el 18 de 07 de 2020, de diseño y cálculo de un agitador de fluidos: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf
- Uribe, V. C. (09 de 2013). Recuperado el 17 de 07 de 2020, de Diseño y calculo de un agitador de fluidos: http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf
- Uribe, V. C. (2013). *Diseño y cálculo de un agitador de fluidos*. Chile. Recuperado el 17 de 07 de 2020, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Urbe_Vladimir.pdf
- Zambrano. Camelo. Méndez y Valderrama. (2018). Diseño e implementación de un instrumento electrónico de medida de PH para terreno agrícola. *Investigacion e Inovacion de Ingenieria*. doi:<https://doi.org/10.17081/invinno.7.1.3042>

12. ANEXOS



Ilustración 51 Carcasa del prototipo Fuente propia



Ilustración 52 Inicio del proyecto Fuente propia



*Ilustración 53 Carcaza de prototipo y carcasa para
Calefacción Fuente propia*

PRELIMINARY



DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire® Digital Thermometer

www.dalsemi.com

FEATURES

- Unique 1-Wire interface requires only one port pin for communication
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Zero standby power required
- Measures temperatures from -55°C to +125°C. Fahrenheit equivalent is -67°F to +257°F
- $\pm 0.5^\circ\text{C}$ accuracy from -10°C to +85°C
- Thermometer resolution is programmable from 9 to 12 bits
- Converts 12-bit temperature to digital word in 750 ms (max.)
- User-definable, nonvolatile temperature alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

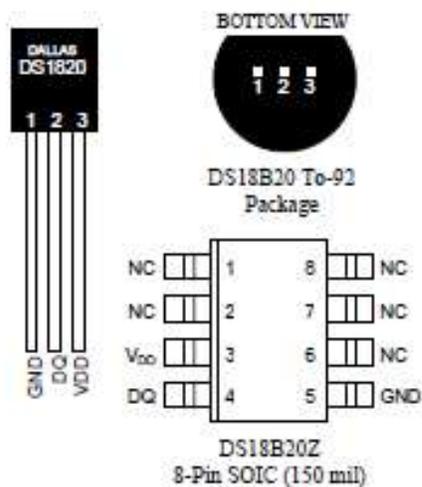
DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit (configurable) temperature readings which indicate the temperature of the device.

Information is sent to/from the DS18B20 over a 1-Wire interface, so that only one wire (and ground) needs to be connected from a central microprocessor to a DS18B20. Power for reading, writing, and performing temperature conversions can be derived from the data line itself with no need for an external power source.

Because each DS18B20 contains a unique silicon serial number, multiple DS18B20s can exist on the same 1-Wire bus. This allows for placing temperature sensors in many different places. Applications where this feature is useful include HVAC environmental controls, sensing temperatures inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control.

PIN ASSIGNMENT



PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
- DQ - Data In/Out
- V_{DD} - Power Supply Voltage
- NC - No Connect

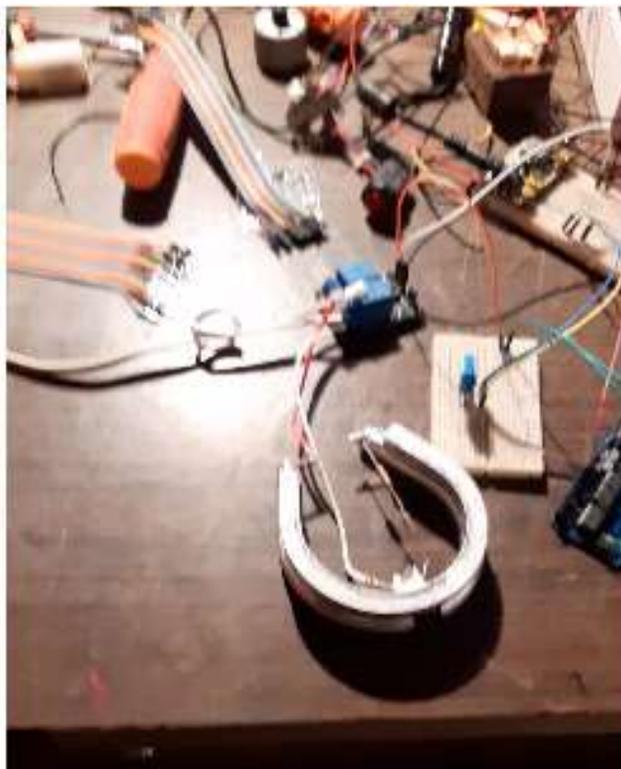


Ilustración 54 Resistencia de Calor por recirculación Fuente propia



Ilustración 55 Sonda elaborada con sensor 18B20 Fuente propia



Ilustración 57 Calibración del sensor 18B20 con termómetro de mercurio Fuente propia



Ilustración 56 Prueba de calibración y medición de temperatura con el software Fuente propia



Ilustración 58 Lectura con termómetro de mercurio registrando 30 °C

Fuente propia

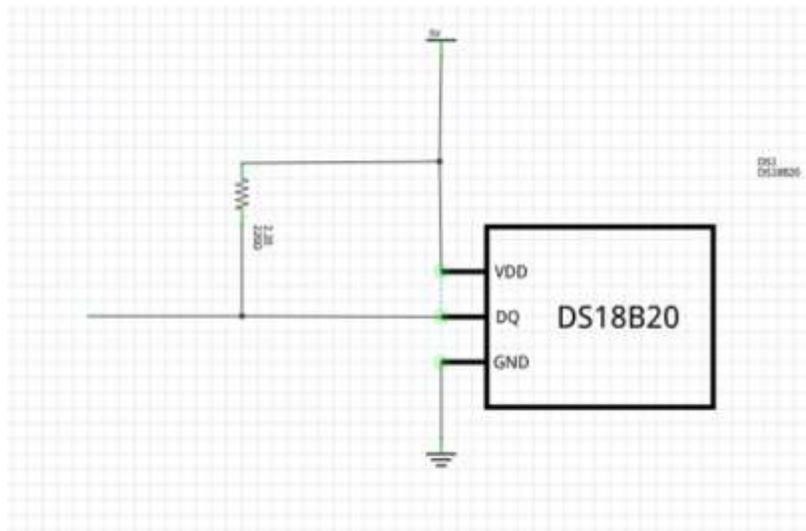
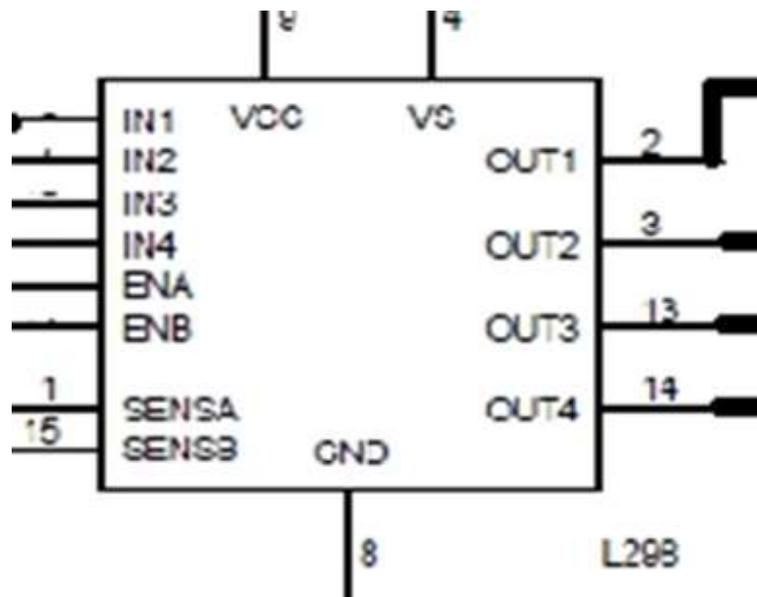


Ilustración 59 Diagrama elaborado en fritzing



Ilustración 60 Conexión de sonda de temperatura



*Ilustración 61 Esquema de Modulo L298N
elaboración propia*

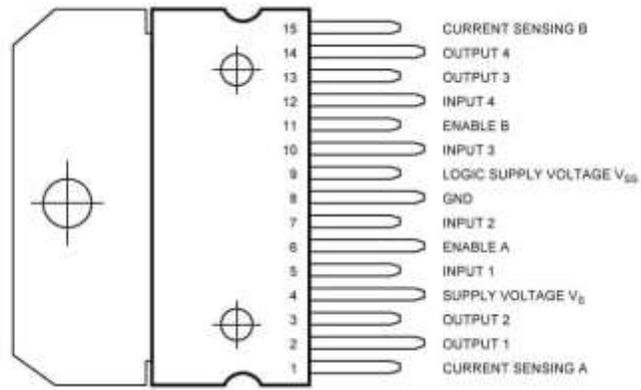


Ilustración 62 Integrado L298N

Tabla 23 Información de pines

Pin no.	Nombre	Función
1 y 15	Sentido A Sentido B	La resistencia de detección debe estar conectada entre este pin y GND (no se usa en la placa de conexión).
2 y 5	Salida 1 Salida 2	Salidas del Puente A; la corriente que fluye a través de la carga conectada entre estos dos pines se monitorea en el pin 1.
4	Vs	Voltaje de suministro para las etapas de salida de potencia
5 Y 7	Entrada 1 Entrada 2	Entradas compatibles TTL del puente A
8	GND	Suelo
9	VSS	Tensión de alimentación de los bloques lógicos
10 y 12	Entrada 3 Entrada 4	Entradas compatibles TTL del puente B.
13 y 14	Fuera 3 Fuera4	Salidas del Puente B; la corriente que fluye a través de la carga conectada entre estos dos pines se monitorea en el pin 15.

Fuente propia

Tabla 24 Conexiones L298N

L298N	Conexión
+ 12V	Fuente de alimentación 5-35 V
GND	Fuente de alimentación y tierra Arduino
Puente de 12 V	Retirar si la potencia del motor > 12 V
5V + (opcional)	5 V si se quita el puente de 12 V
EN 1	Pin 8 Arduino
EN 2	Pin 9
EN 3	Pin 10
IN4	Pin 11
Puente ENA y ENB	Dejar instalado
Salida1 + salida2	Bobina de motor A
Salida3 + salida4	Bobina de motor B

Fuente propia



*Ilustración 63 Modulo L298
Fuente propia*

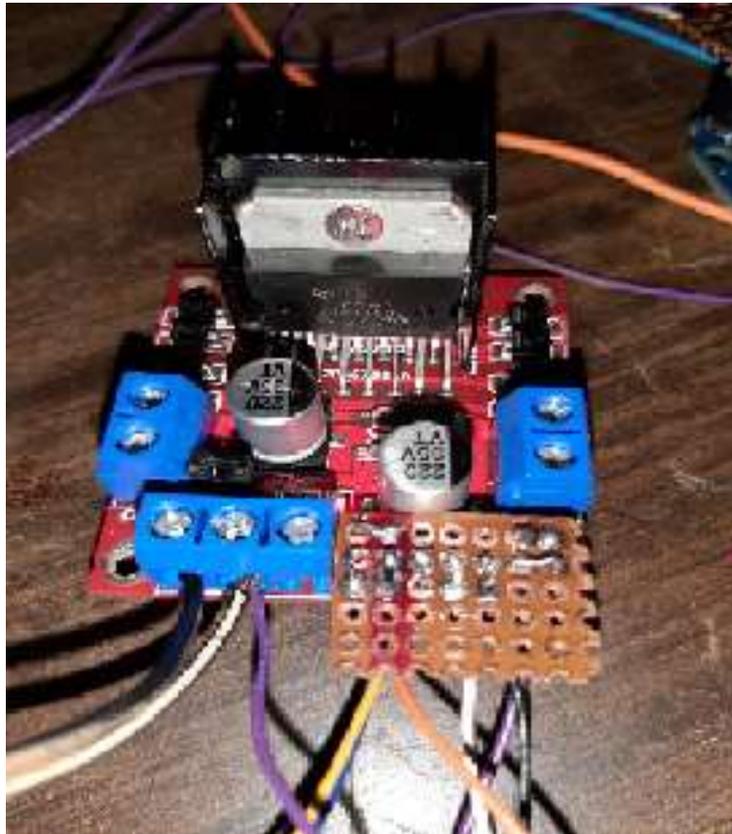


Ilustración 64 Conexión de módulo L298N Fuente propia

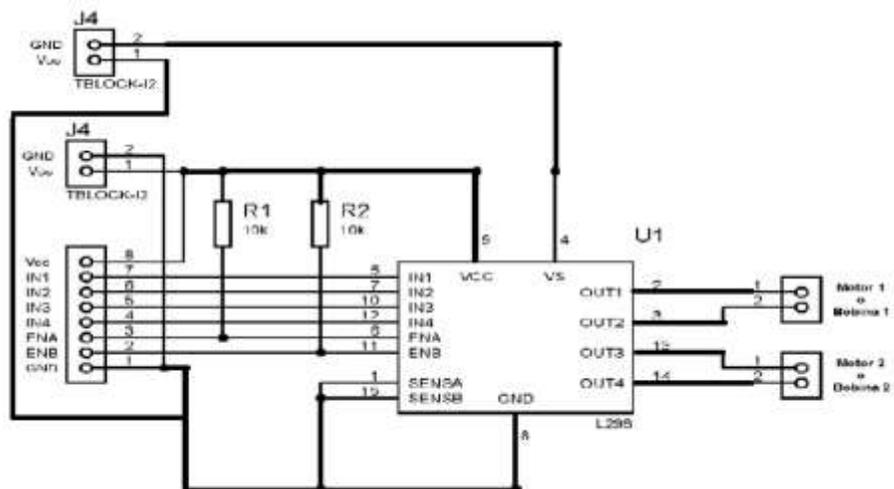


Ilustración 65 Diagrama eléctrico del Módulo L298N

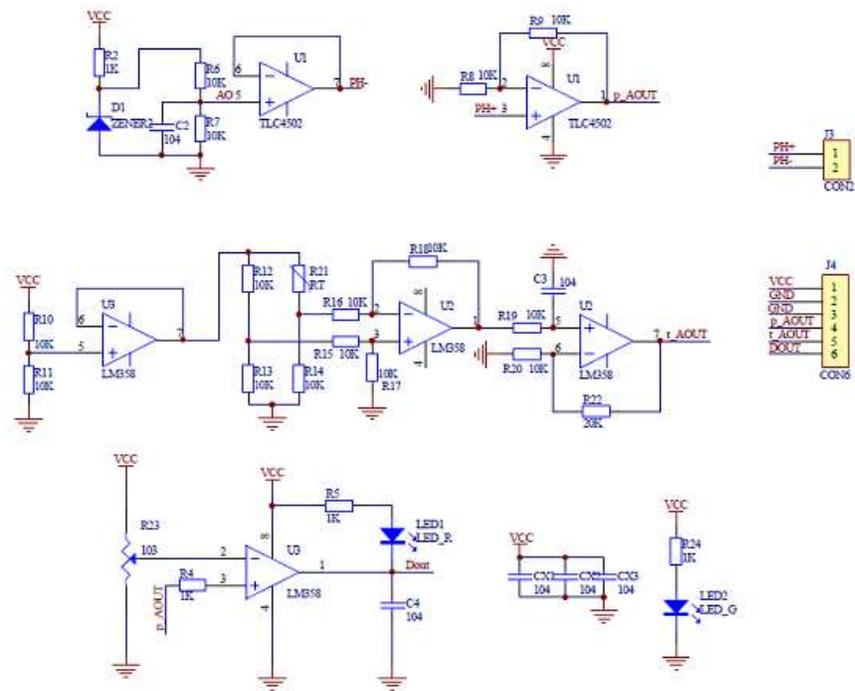
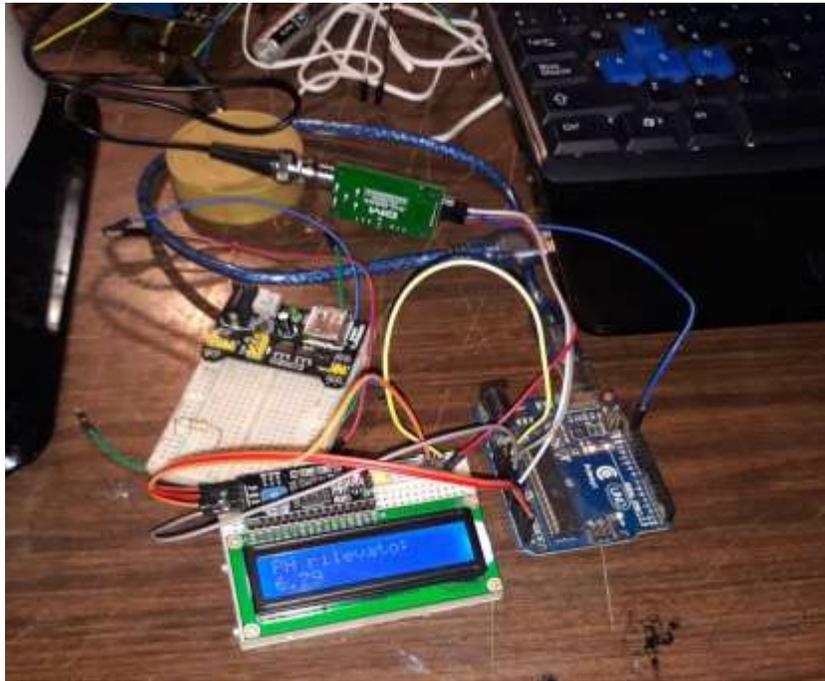


Ilustración 66 Diagrama del módulo de pH 4502C



Ilustración 67 Soluciones de pH para calibrar facilitado por el Laboratorio



*Ilustración 68 Conexión del módulo de pH
Fuente propia*



Ilustración 69 Sonda de pH fuente propia

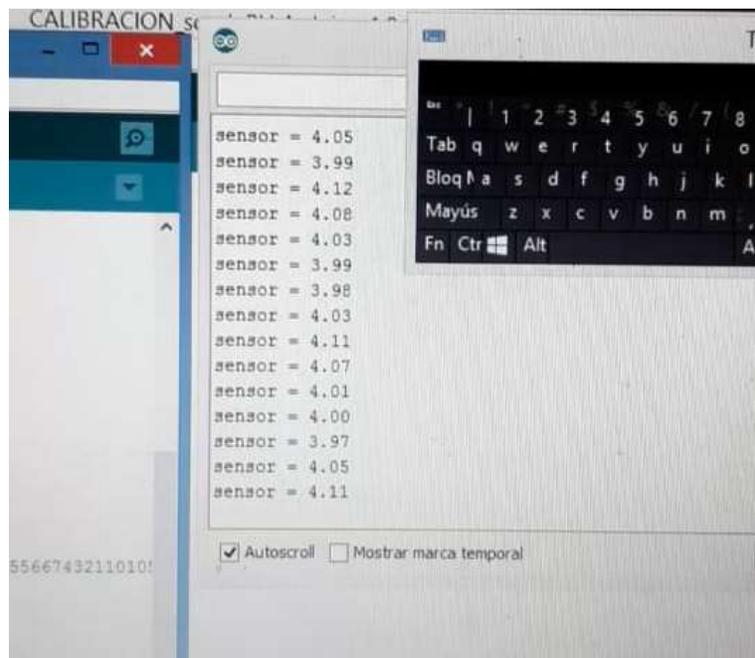


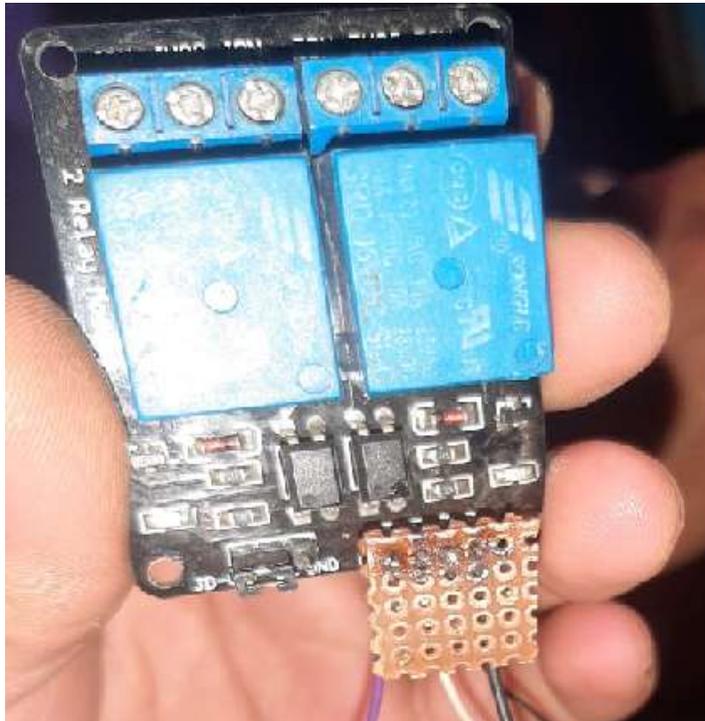
Ilustración 70 Visualización de la calibración con el búfer de 4.01 Fuente propia



Ilustración 71 Primeras pruebas del pH Fuente Propia



*Ilustración 74 Conexión de Botonera, I2C y pantalla LCD
Fuente propia*



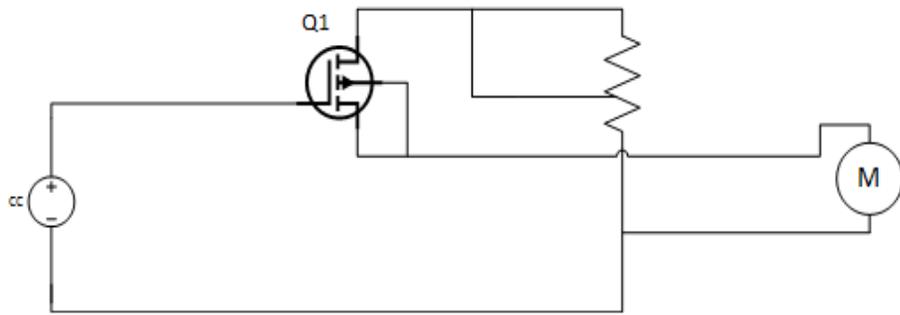
*Ilustración 75 Modulo de relé conexiones
Fuente propia*



*Ilustración 76 Motor de agitador
Fuente propia*



*Ilustración 77 Módulo de control de velocidad
Fuente propia*



*Ilustración 78 Diagrama de control de velocidad
elaboración propia*

International IR Rectifier

PD - 94006

IRF640N
IRF640NS
IRF640NL

- Advanced Process Technology
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements

Description

Fifth Generation HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

The D²Pak is a surface mount power package capable of accommodating die sizes up to HEX-4. It provides the highest power capability and the lowest possible on-resistance in any existing surface mount package. The D²Pak is suitable for high current applications because of its low internal connection resistance and can dissipate up to 2.0W in a typical surface mount application. The through-hole version (IRF640NL) is available for low-

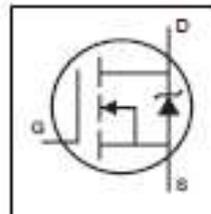
Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	18	A
$I_D @ T_C = 100^\circ\text{C}$	13	
I_{DM}	72	
$P_D @ T_C = 25^\circ\text{C}$	150	W
Linear Derating Factor	1.0	W/°C
V_{GS}	± 20	V
E_{AS}	247	mJ
I_{AS}	18	A
E_{RS}	15	mJ
dv/dt	8.1	V/ns
T_J	-55 to +175	°C
T_{STG}		
Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.8mm from case)	
Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1Nm)	

www.irf.com

10/06/00

HEXFET® Power MOSFET



$$V_{DS} = 200V$$

$$R_{DS(on)} = 0.15\Omega$$

$$I_D = 18A$$



Ilustración 79 Datasheet de IRF640



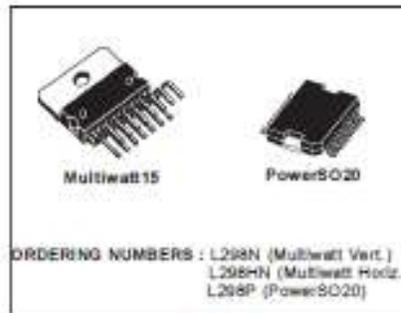
L298

DUAL FULL-BRIDGE DRIVER

- OPERATING SUPPLY VOLTAGE UP TO 46 V
- TOTAL DC CURRENT UP TO 4 A
- LOW SATURATION VOLTAGE
- OVERTEMPERATURE PROTECTION
- LOGICAL "0" INPUT VOLTAGE UP TO 1.5 V (HIGH NOISE IMMUNITY)

DESCRIPTION

The L298 is an integrated monolithic circuit in a 15-lead Multiwatt and PowerSO20 packages. It is a high voltage, high current dual full-bridge driver designed to accept standard TTL logic levels and drive inductive loads such as relays, solenoids, DC and stepping motors. Two enable inputs are provided to enable or disable the device independently of the input signals. The emitters of the lower transistors of each bridge are connected together and the corresponding external terminal can be used for the con-



nection of an external sensing resistor. An additional supply input is provided so that the logic works at a lower voltage.

BLOCK DIAGRAM

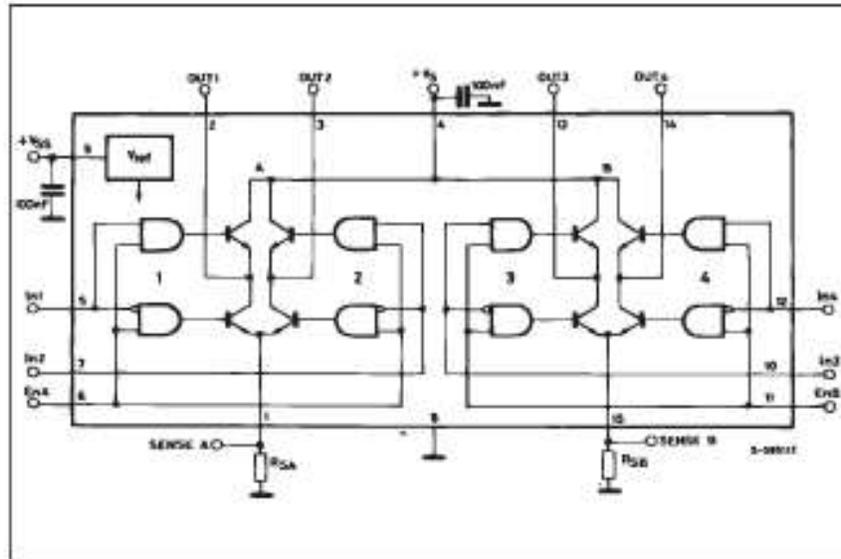


Ilustración 80 Datasheet del L298N extraído de la hoja de datasheet



Ilustración 81 Integrador de Variable en el Laboratorio de Microbiología fuente propia

Tabla 25 Presupuesto del integrador de variables

PH	1	\$15.27	523.61	523.61
18B20	1	\$1.43	49	49
Peristáltica bomba	2	\$5	171.45	342.9
Agitador	1	\$75.90	2600	2600
Motor de agitador	1	\$2	68.58	68.58
LCD	1	\$5	171.45	171.45
I2C	1	\$7	240	240
L298N	1	\$6.85	234.89	234.89
Módulo relé	1	\$5.14	176.25	176.25
IRF640	1	\$4.28	146.76	146.76
Potenciómetro 10 K	1	\$1.14	39	39
Dimer	1	\$8.75	300	300
Resistencia de Calor	1	\$5.14	176.25	176.25
Bomba de agua	1	\$1.14	39	39.09
ATmega328	1	\$14.25	488.63	488.63
Vaso Reactor	1	\$270.00	9258.3	9258.3
Transporte		\$38	1333.8	1333.8
Víveres		\$100	3500.10	3500.10
Total		\$528.71	18183.1	18354.71

Fuente propia

Triacs

BT136B series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope suitable for surface mounting, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

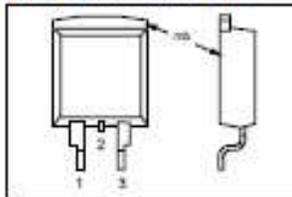
QUICK REFERENCE DATA

SYMBOL	PARAMETER	MAX.	MAX.	MAX.	UNIT	
V_{ORM}	Repetitive peak off-state voltages	BT136B-500	500	600	800	V
		BT136B-500F	500F	600F	800F	
		BT136B-500G	500G	600G	800G	
I_{RMS}	RMS on-state current	4	4	4	A	
I_{SM}	Non-repetitive peak on-state current	25	25	25	A	

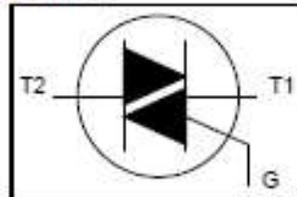
PINNING - SOT404

PIN	DESCRIPTION
1	main terminal 1
2	main terminal 2
3	gate
mb	main terminal 2

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.			UNIT
				-500/500 ¹	-600/600 ¹	-800/800	
V_{ORM}	Repetitive peak off-state voltages		-				V
I_{RMS}	RMS on-state current	full sine wave; $T_{\text{mb}} \leq 107^\circ\text{C}$	-	4			A
I_{SM}	Non-repetitive peak on-state current	full sine wave; $T_{\text{mb}} = 25^\circ\text{C}$ prior to surge	-	25			A
		$t = 20\text{ ms}$	-	27			A
		$t = 16.7\text{ ms}$	-	3.1			A/s
I_{T}	I_{T} for fusing	$t = 10\text{ ms}$	-				A/s
di/dt	Repetitive rate of rise of on-state current after triggering	$I_{\text{SM}} = 5\text{ A}$; $I_{\text{T}} = 0.2\text{ A}$; $di/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$	-				A/ μs
		T2+ G+	-	50			A/ μs
		T2+ G-	-	50			A/ μs
		T2- G-	-	50			A/ μs
		T2- G+	-	10			A/ μs
I_{GM}	Peak gate current		-	2			A
V_{GM}	Peak gate voltage		-	5			V
P_{GM}	Peak gate power		-	5			W
$P_{\text{GM(AV)}}$	Average gate power	over any 20 ms period	-	0.5			W
T_{stg}	Storage temperature		-40	150			$^\circ\text{C}$
T_{j}	Operating junction temperature		-	125			$^\circ\text{C}$

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ μs .

TRIGGER DIODES

FEATURES

- V_{BR} (DB3/DB4) 40V/50V/60V
- LOW BREAKOVER CURRENT

DESCRIPTION

High reliability glass passivation leading parameter stability and protection against surface contamination.



ABSOLUTE MAXIMUMS (rating values)

Symbol	Parameter	Value	Unit
P	Power dissipation on printed circuit (A = 50mm)	$T_c = 25^\circ\text{C}$ 100	mW
I_{RM}	Repetitive peak or static current	$I_c = 20\text{mA}$ ($P = 100\text{mW}$)	A
T_{STG}	Storage and operating junction temperature range	-55 to $+125$ -55 to $+125$	$^\circ\text{C}$

THERMAL RESISTANCES

Symbol	Parameter	Value	Unit
$R_{\theta(j-c)}$	Junction to case	400	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta(j-a)}$	Junction to air	500	$^\circ\text{C/W}$

April 1988

324

DB3 / DB4 / DC34

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_c = 25^\circ\text{C}$)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Value			Unit	
			DB3	DB4	DC34		
V_{BR}	Breakover voltage **	$C = 20\text{pF}$ ** see Diagram 1	MIN	35	50	55	V
			TYP	50	35	60	
			MAX	55	35	65	
[I_{BR} (DB3)]	Breakover current ***	$C = 20\text{pF}$ ** see Diagram 1	MAX	= 0		V	
$V_{BR}(D)$	Dynamic breakover voltage **	$dI = [dI_{BR} \text{ or } 10\text{mA}]$ see Diagram 1	MIN	= 0		V	
V_{OL}	Output voltage **	see Diagram 2	MIN	= 0		V	
I_{OL}	Breakover current **	$C = 20\text{pF}$ **	MAX	100	100	1000	μA
I_L	Reverse bias **	see Diagram 2	TYP	1.5		μA	
I_{L1}	Leakage current **	$V_{OL} = 50\text{V}$ (DB3) (DB4) see Diagram 1	MAX	10		μA	

** Reverse bias voltage applied to the cathode with respect to the anode.
*** Constant cathode current source.

DIAGRAM 1: Current-voltage characteristics

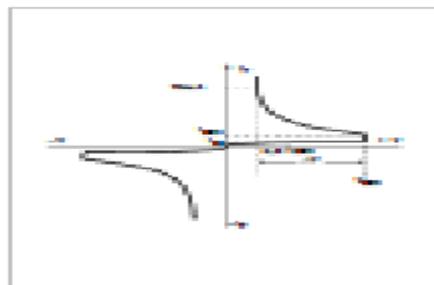


DIAGRAM 2: Test circuit for output voltage

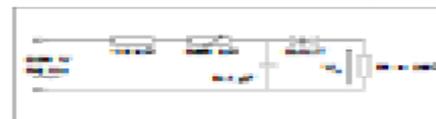
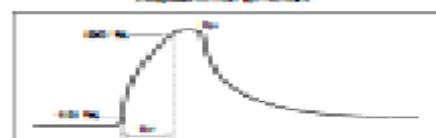


DIAGRAM 3: Test circuit for Diagram 2: Adjust R_L for I_{OL} or I_L



324

TLC4501, TLC4501A, TLC4502, TLC4502A
FAMILY OF SELF-CALIBRATING (Self-Cal™)
PRECISION CMOS RAIL-TO-RAIL OUTPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS
SLS0221A—MAY 1998—REVISED JULY 1998

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Self-Calibrates Input Offset Voltage to 40 μV Max • Low Input Offset Voltage Drift ... 1 μV/°C • Input Bias Current ... 1 pA • Open Loop Gain ... 120 dB • Rail-To-Rail Output Voltage Swing • Stable Driving 1000 pF Capacitive Loads • Gain Bandwidth Product ... 4.7 MHz | <ul style="list-style-type: none"> • Slew Rate ... 2.5 V/μs • High Output Drive Capability ... \pm50 mA • Calibration Time ... 300 ms • Characterized From -55°C to 125°C • Available in Q-Temp Automotive HighRel Automotive Applications Configuration Control / Print Support Qualification to Automotive Standards |
|---|---|

description

The TLC4501 and TLC4502 are the highest precision CMOS single supply rail-to-rail operational amplifiers available today. The input offset voltage is 10 μ V typical and 40 μ V maximum. This exceptional precision, combined with a 4.7-MHz bandwidth, 2.5-V/ μ s slew rate, and 50-mA output drive, is ideal for multiple applications including: data acquisition systems, measurement equipment, industrial control applications, and portable digital scales.

These amplifiers feature self-calibrating circuitry which digitally trims the input offset voltage to less than 40 μ V within the first 300 ms of operation. The offset is then digitally stored in an integrated successive approximation register (SAR). Immediately after the data is stored, the calibration circuitry effectively drops out of the signal path, shuts down, and the device functions as a standard operational amplifier.

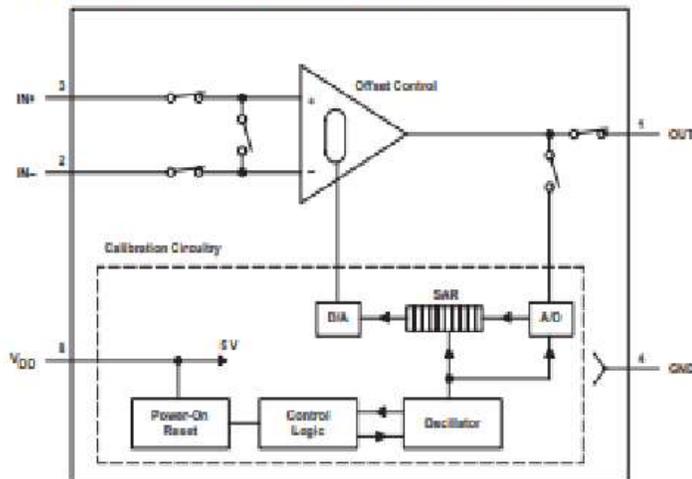


Figure 1. Channel One of the TLC4502



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

LSI/PMC and Self-Cal are trademarks of Texas Instruments Incorporated.

PRODUCTION DATA: Information is current as of publication date. Products conform to specifications on the date of Texas Instruments standard warranty. Product line parameters and dimensions may vary without notice. Product line parameters and dimensions may vary without notice.



Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated. All rights reserved. This document is the property of Texas Instruments Incorporated. It is to be used for the sole purpose of identifying the product and its characteristics. It is not to be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of Texas Instruments Incorporated.

Description

The LM358 contains two independent high gain operational amplifiers with internal compensation.

The two op-amps operate over a wide voltage range from a single power supply. Also use a split power supply.

The device has low power supply voltage. The low power drain also makes the LM358 a good choice for battery operation.

When your project calls for a traditional op-amp function, now you can streamline your design with a simple any digital system or personal computer application, without requiring an extra 15V power supply just to have the interface electronics you need.

The LM358 is a versatile, rugged workhorse with a thousand-and-one use, from amplifying signals from a variety of transducers to dogain blocks, or any op-amp function. The attached pages offer some recipes that will have your project cooking in no time.

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain: 100dB Wide power supply range: 3V ~ 32V (or $\pm 1.5V \sim \pm 16V$)
- Input common-mode voltage range includes ground
- Large output voltage swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power drain suitable for battery operation
- Differential input voltage range equal to the power supply
- Low input offset voltage and offset current



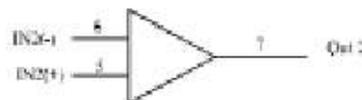
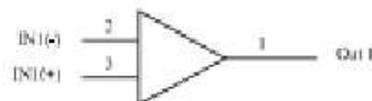
SOP - 8



DIP - 8
Package

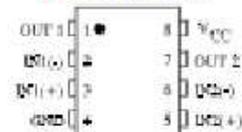
Internal Block Diagram

Logic Diagram



PIN 4 = GND
PIN 8 = V_{CC}

Pin Assinment



TL43xx Precision Programmable Reference

1 Features

- Reference Voltage Tolerance at 25°C
 - 0.5% (B Grade)
 - 1% (A Grade)
 - 2% (Standard Grade)
- Adjustable Output Voltage: V_{out} to 38 V
- Operation From –40°C to 125°C
- Typical Temperature Drift (TL431B)
 - 8 mV (C Temp)
 - 14 mV (I Temp, Q Temp)
- Low Output Noise
- 0.2-Ω Typical Output Impedance
- Sink-Current Capability: 1 mA to 100 mA

2 Applications

- Adjustable Voltage and Current Referencing
- Secondary Side Regulation in Flyback SMPSs
- Zener Replacement
- Voltage Monitoring
- Comparator with Integrated Reference

3 Description

The TL431 and TL432 devices are three-terminal adjustable shunt regulators, with specified thermal stability over applicable automotive, commercial, and military temperature ranges. The output voltage can be set to any value between V_{ref} (approximately 2.5 V) and 36 V, with two external resistors. These devices have a typical output impedance of 0.2 Ω. Active output circuitry provides a very sharp turn-on characteristic, making these devices excellent replacements for Zener diodes in many applications, such as onboard regulation, adjustable power supplies, and switching power supplies. The TL432 device has exactly the same functionality and electrical specifications as the TL431 device, but has different pinouts for the DBV, DBZ, and PK packages.

Both the TL431 and TL432 devices are offered in three grades, with initial tolerances (at 25°C) of 0.5%, 1%, and 2%, for the B, A, and standard grade, respectively. In addition, low output drift versus temperature ensures good stability over the entire temperature range.

The TL43xxC devices are characterized for operation from 0°C to 70°C, the TL43xxI devices are characterized for operation from –40°C to 85°C, and the TL43xxQ devices are characterized for operation from –40°C to 125°C.

Device Information⁽¹⁾

PART NUMBER	PACKAGE (PIN)	BODY SIZE (NOM)
TL43xx	SO7-23-3 (3)	2.90 mm x 1.30 mm
	SO7-23-6 (6)	2.90 mm x 1.60 mm
	SOIC (6)	4.90 mm x 1.90 mm
	PDIP (8)	9.50 mm x 6.25 mm
	SCP (8)	8.20 mm x 5.30 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the data sheet.

4 Simplified Schematic

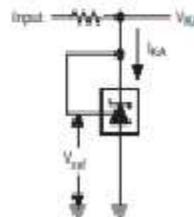


Ilustración 86 Datasheet del diodo TL431 (Instruments, 2004)

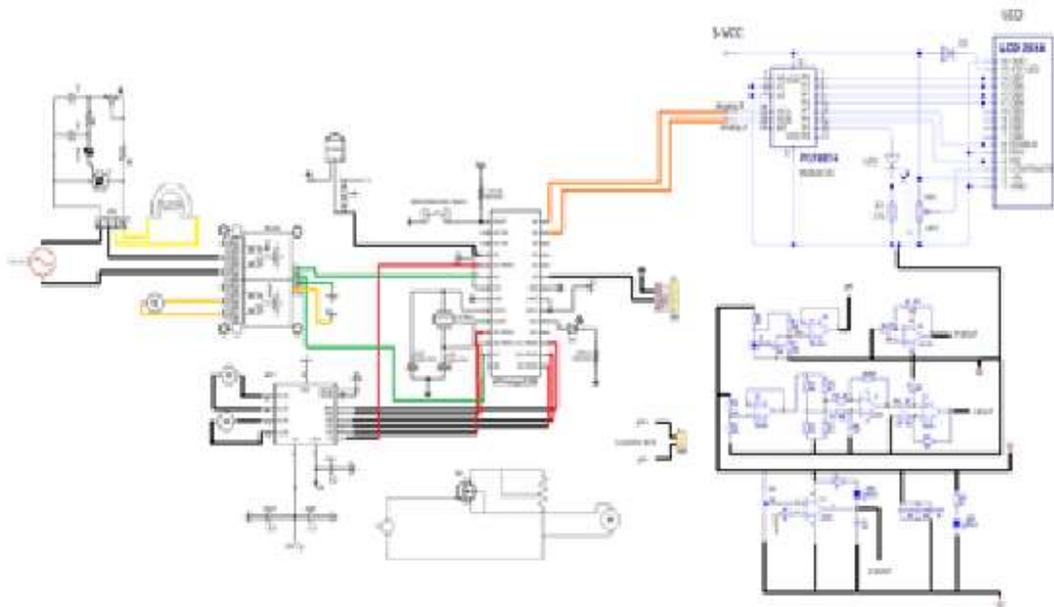


Ilustración 87 Diagrama de Circuito del prototipo fuente propia

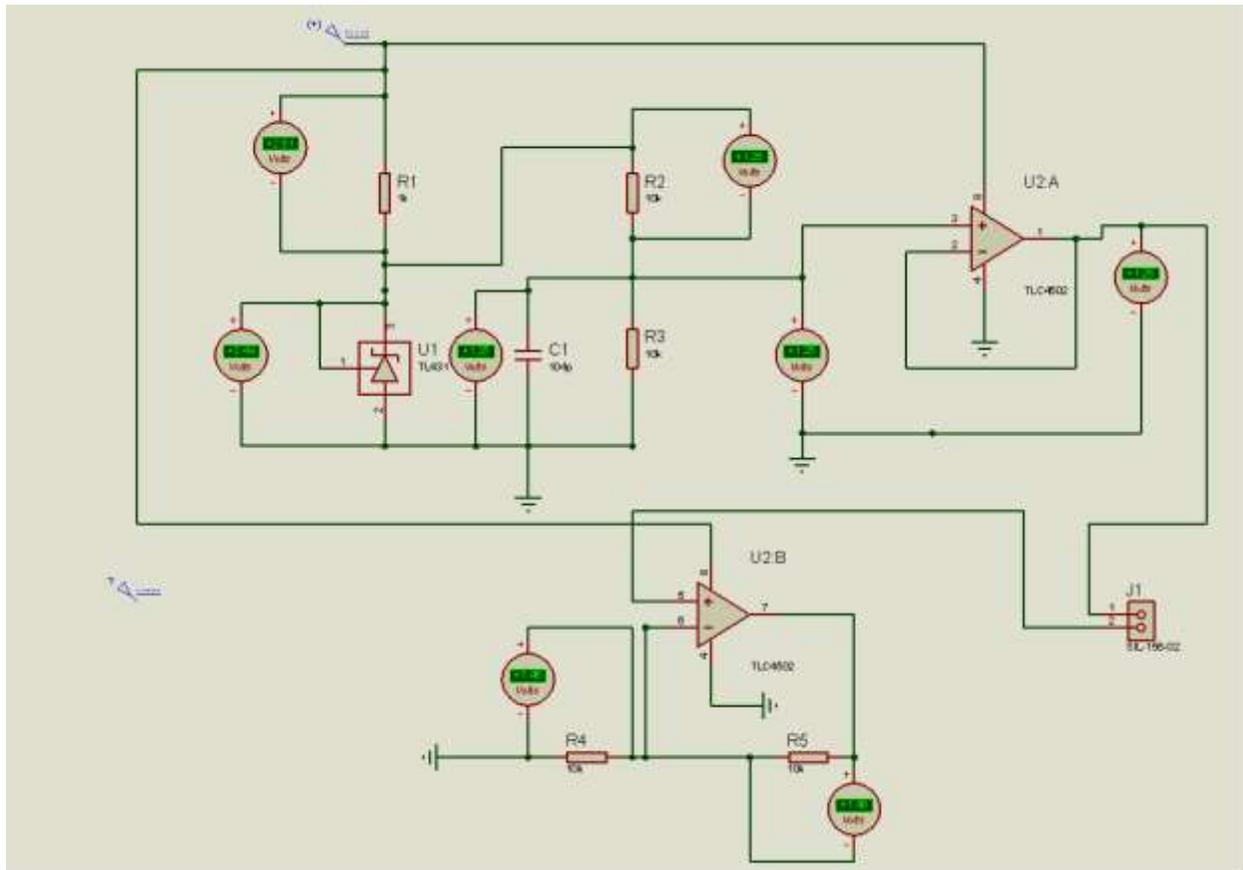


Ilustración 88 Circuito de pH simulado en Proteus fuente propia

Entrevista

Fecha: 04/06/2020

Nombre del entrevistado: Zulma Pérez Analista de laboratorio

Empresa: Laboratorio de Biotecnología UNAN Managua

Objetivo

- Conocer qué tipo de instrumento de laboratorio le gustaría que se realizara.
- ¿Qué equipo necesitarían si se diera la oportunidad de un prototipo como proyecto?
- ¿Qué medio controlaría o que variables tendría en el medio a controlar?
- ¿Qué proceso se realizaría con este prototipo o cual sería el fin con este prototipo?
- ¿Con que tipo de medio u organismo lo haría y que especificaciones tendría este microorganismo?
- Tiene algunas especificaciones técnicas para trabajar con el *Aspergillus* sp.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
UNAN-MANAGUA
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA



"2020: Año de la educación con calidad y pertinencia"

Managua, 17 de noviembre del 2020

UNAN-BIOTEC-287

Ref.: Envío de informe de actividades

Maestro Elin Campos Pérez
Director Departamento de Tecnología
Facultad de Ciencias e Ingenierías
UNAN-Managua
Su Despacho.-

Estimado Maestro Campos:

De la manera más atenta me dirijo a Usted para remitirle **Informe de avances en fase práctica-analítica de la monografía: "Sistema Integrador de variables automatizado a un bioreactor para la producción de lipasa con hongos filamentosos aspergillus"** que está siendo realizada por los estudiantes Pablo José Vallecillo López Carnet 14-04438-5 y Agustín Junior Vega Treminio Carne 14-04171-2.

Las actividades que han desarrollado a la fecha son las siguientes:

- Montaje del integrador de variables con todos los componentes en el laboratorio.
- Pruebas de funcionamiento de circuitos.
- Calibración de variable temperatura
- Calibración de variable a diferentes pH
- Limpieza de componentes de medición de variables (sensor de temperatura, sonda de pH), agitación (aspa) y reactor, para descartar que el problema de calibración sea por suciedad en las partes antes mencionadas.
- Prueba de agitación con plato caliente y magneto sin el aspa, conclusión: el aspa provoca el problema de calibración de pH, debido a conducción eléctrica generada por el motor.
- Modificaciones en programa para calibración de bombas dosificadoras de ácido y base. Sólo se logró activar bomba dosificadora de base.
- Modificaciones al programa para calibrar bomba dosificadora de ácido (PM)
- Crecimiento de microorganismo para montaje con bioreactor

Sin más por el momento, le saluda,

Atentamente,



Martha Lacayo Romero
Directora

cc Estudiantes
Archivo Interno

¡A la libertad por la Universidad!

Recinto Universitario Ricardo Morales Avilés (RURMA) Pabellón D, De la Rotonda Universitaria 1c. al Norte, Managua, Nicaragua. Teléfonos: (505) 22701287/22786769 ext.6023, 6227
biotecnologia@unan.edu.ni

Ilustración 89 Carta de aprobación de funcionamiento realizada por la Doctora Lacayo

Managua, 26 de noviembre de 2020

MSc. Elim Campos Pérez
Director Departamento de Tecnología
Facultad de Ciencias e Ingenierías
UNAN-Managua
Su despacho

Maestro Campos, reciba cordiales saludos.

El motivo de la presente es para remitir informe de actividades prácticas-analíticas, realizadas en Monografía de los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Pablo José Valleccillo López con carnet 14-04438-5 y Agustín Junior Vega Treminio con carnet 14-04171-2. Estas actividades se realizaron en el período comprendido entre el 03 y el 27 de noviembre del año 2020.

A continuación, se detallan las actividades:

- Montaje de Integrador de variables con todos los componentes en el laboratorio.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento de circuitos.
- Circuitos estables y funcionales.
- Calibración exitosa de variable temperatura.
- Calibración no exitosa de variable pH.
- Limpieza de componentes de medición de variables (sensor de temperatura, sonda de pH), agitación (aspa) y reactor, para descartar que el problema de calibración sea por suciedad en las partes antes mencionadas.
- Prueba de agitación con plato caliente y magneto sin el aspa, conclusión: el aspa provoca el problema de calibración de pH, debido a conducción eléctrica generada por el motor.
- Cambio de motor.
- Calibración exitosa de variable pH.
- Modificaciones en programa para calibración de bombas dosificadoras de ácido y base.
- Activación y calibración exitosa de bomba dosificadora de base.
- Modificaciones en programa para activación y calibración de bomba dosificadora de ácido.
- Activación y calibración exitosa de bomba dosificadora de ácido.
- Repique e incubación de hongo *Aspergillus sp.*, en medio de cultivo sólido (agar PDA), para montaje en reactor.
- Preparación de reactivos y materiales (pesaje de reactivos, esterilización de medio de cultivo, bagazo y cristalería) para montaje de biorreactor + Integrador de variable.

- Montaje de biorreactor + Integrador de variable.
- Seguimiento a biorreactor + Integrador de variable.
- Toma de muestra cada 24 horas, para análisis de actividad Lipasa-Esterasa.
- Desmontaje de biorreactor del Integrador de variable.
- Preparación de reactivos, instrumentos y cristalería para análisis Lipasa-Esterasa
- Análisis Lipasa-Esterasa.
- Interpretación de resultados de análisis Lipasa-Esterasa, obtenidos con ayuda del Integrador de variable.

Sin más por el momento, atentamente



Rommel Uriarte Ortiz
Especialista en Análisis de Laboratorio
Laboratorio de Biotecnología
UNAN-Managua

cc: Estudiantes
Archivo personal