



UNIVERSIDAD POLITECNICA ZMG

DivisiÓN ACADÉMICA DE MECATRÓNICA

BIORREACTOR

Proyecto

Que para obtener el título de:
Ingeniero en Mecatrónica

PRESENTA:

Alcalá Villagoméz Mario.
Becerra Iñiguez Diego Armando.
Martínez Velázquez Lisbeth.
Murguía Chávez Nadia Sarahi.
Ramos Chávez Brian Oswaldo.

Directores:

Ing. Moran Garabito Carlos
Enrique Ing. Razo Cerda Rosa
María

Biorreactor.

Cinemática de Robots.
Ingeniería en Mecatrónica 8A

04 de de 2020

0.1. Problemática

Un biorreactor es un recipiente o sistema que mantiene un ambiente biológicamente activo. En algunos casos, un biorreactor es un recipiente en el que se lleva a cabo un proceso químico que involucra organismos o sustancias bioquímicas activas derivadas de dichos organismos. Este 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.

Un biorreactor puede ser también un dispositivo o sistema empleado para hacer crecer células o tejidos en operaciones de cultivo. Estos dispositivos se encuentran en desarrollo para su uso en ingeniería de tejidos. En términos generales, un biorreactor busca mantener ciertas condiciones ambientales propias (pH, temperatura, concentración de oxígeno, etc.) al organismo o sustancia química que se cultiva. El diseño de los biorreactores es una tarea de ingeniería relativamente compleja y difícil. Los microorganismos o células son capaces de realizar su función deseada con gran eficiencia bajo condiciones óptimas. Las condiciones ambientales de un biorreactor tales como flujo de gases (por ejemplo, oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, etc.), temperatura, pH, oxígeno disuelto y velocidad de agitación o circulación, deben ser cuidadosamente monitoreadas y controladas.

Por lo general al momento de realizar un biorreactor estos cuentan con medidores manuales que deben ser monitoreados en un determinado tiempo, pero constante por los laboratoristas, al ser un trabajo que se tiene que ser constante, el personal que se encarga del monitoreo de las medianas tales como son el pH, temperatura, presión e incluso la liberación de la presión.

0.1.1. Objetivo General

Elaboración de un sistema semiautomatizado para la toma de pH, temperatura y presión de un biorreactor, así como la instalación de una válvula de liberación de presión controlada mediante estándares requeridos.

Objetivos del proyecto

- ❑ Modelado matemático de los sensores.
- ❑ Diseño y simulación del funcionamiento de los sensores dentro del biorreactor.
- ❑ Utilización de base de datos para el registro de datos arrojados por los sensores.
- ❑ Selección y elección de sensores y actuadores.

0.1.2. Justificación

La implementación de un sistema semiautomatizado dentro de un biorreactor es útil, puesto que se puede tener un control y ordenamiento de los datos necesarios para el monitoreo de las medidas necesarias para el control y supervisión del proceso dentro del biorreactor, de esta manera el laboratorista tiene una mejor lectura de sus datos sin tener que estar la mayoría del tiempo tomando medidas, pues se pretende que el sistema ayude a que las lecturas sean más claras y con mayor accesibilidad de una base de datos para consultoría del estado del proceso.

0.1.3. Delimitación

Una de las limitaciones que se presentan es que los sensores tienen que ser esencialmente de grado alimenticio, puesto que tendrán contacto con productos que se darán a consumo.

Además de que el biorreactor a donde va dirigido este proyecto, solo realiza cierto tipo de procesos, por lo que no es un biorreactor universal, debido a esto se requiere diseñar y adaptar sistemas para este biorreactor.

0.2. Cronograma de actividades

0.2.1. Matriz de posibles materiales y costos

Materiales	costo
Sensor de temperatura	300
Sensor de pH	820
Arduino	400
Sensor de presión	800
Electro válvula	250
Sensor de flujo de agua	300
Microcontrolador	500
Total	3,370

0.2.2. Matriz de roles

Signo	Leyenda
P	Responsabilidad
C	Colabora
I	Suministra información a los demás
MN	Mario Alcalá Villagómez y Nadia Sarahi Murguía Cház
DB	Diego Armando Becerra Iñiguez y Brayan Oswaldo Ramos Cház
LN	Lisbeth Martínez Velázquez y Nadia Sarahi Murguía Cház

0.2.3. Diagrama Gantt

Actividades	MN	DB	LN	Fecha
Título del proyecto	P	C	I	16 al 20 septiembre
Planteamiento del problema	I	P	C	16 al 20 septiembre
Formular el Problema	I	C	P	16 al 20 septiembre
Objetivo general del proyecto	P	I	C	16 al 20 septiembre
Objetivos del proyecto	P	C	I	16 al 20 septiembre
Justificaci3n	C	C	P	16 al 20 septiembre
Delimitaci3n	C	I	P	16 al 20 septiembre
Matriz de posibles costos materiales	P	C	I	16 al 20 septiembre
Matriz de roles	I	C	P	16 al 20 septiembre
Diagrama de Gantt	P	I	C	16 al 20 septiembre
Explicaci3n de la aportaci3n de cada materia	C	P	I	16 al 20 septiembre
Desarrollarlo del proyecto	P	C	IP	-
Bibliograf3a	PI	CI	IP	-
Total, P	7	2	6	-
Total, C	3	8	3	-
Total, I	4	4	6	-

0.3. Relaci3n de materias

Materias de 7to	Detalles de la Aportaci3n al proyecto
Ingl3s VII	Comprensi3n y Traducci3n de art3culos, libros y manuales consultados.
Termodin3mica	An3lisis de temperatura para el manejo de sensores y el sensor de temperatura
Modelado de sistemas	Modelado matem3tico para el an3lisis para el uso de los sensores y sus respuestas
Administraci3n y de proyectos	Gesti3n y organizaci3n, planeaciones y control de recursos econ3micos, materiales y humanos.
Cinem3tica de robots	Calculo y especificaciones matem3ticas para la correcta estructuraci3n del biorreactor
Diseño y selecci3n de materiales	Diseño y simulaci3n de la estructura del biorreactor

Materias de 8vo	Detalles de la Aportaciónal proyecto
Ingles VIII	Comprensió y Traducció de artículos, libros y manuales consultados.
Diseño de sistemas mecatrónicos	Empleación de planeaciones, organizació y estructuració de proyectos.
Ing. Asistida por computadora	Simulació del diseño y funcionamiento del biorreactor, tomando en cuenta el comportamiento de suselementos.
Ingeniera de control	Instalació de un sistema de control para los sensores de temperatura, pH, presió.
Dinámica de robots	
Pro. sistemas embebidos	Utilizació y programació de microcontroladores para el accionamiento de sensores
Sistemas de visión artificial	Instalació de un sistema de visió artificial para la inspecció de calidad el producto
Adquisición y procesamiento de señales	Visualizació y obtenció de séales analógicas, convertidas en digitales para su visualizació dentro de un entorno digital

0.4. Introducción

Este proyecto nace de la necesidad de diseñar un sistema de monitoreo de variables (pH, temperatura, presión, liberación de presión) y una lectura digital usando un almacenamiento mediante el uso de base de datos visualizados desde una PC con una interfaz gráfica para un biorreactor, dado que por un lado se podría contaminar el contenido del proceso dentro de la cámara del biorreactor, los sensores empleados en el interior de la cámara del biorreactor tienen que ser de grado alimenticio.

0.5. Desarrollo

0.5.1. Descripción del control de temperatura

Dentro de las etapas de procesos del Biorreactor se tiene la parte de par

0.5.2. Control de temperatura.

El sistema de control propuesto puede ser utilizado para el control de temperatura de biorreactores que pueden ser utilizados en el área de desarrollo, así como en el área de investigación en donde es necesario realizar el cultivo de microorganismos o el crecimiento de células o tejidos en condiciones controladas y en presencia de aire.

0.5.3. Sensor de temperatura

El control de temperatura se encargará de obtener las lecturas en un determinado tiempo previamente programado, que se reflejarán en la base de datos de acuerdo a esto, si la base de datos registra una lectura fuera de los parámetros se dará una alerta para activar y desactivar (encender y apagar) el refrigerador en el que se mete para controlar la temperatura en caso de ser elevada para el proceso que se lleva a cabo.

El tipo de sensor que se utilizan son los LM35 de empaquetado TO-92, los cuales nos dan una tensión de salida lineal, directamente proporcional a la temperatura medida en grados centígrados. Estos dispositivos entregan 10 [mV] por grado centígrado. Tiene un intervalo de acción que va desde los -55°C hasta los 150°C.

Los puntos por los que se seleccionó este dispositivo son su bajo precio, la lectura que nos ofrece, ya que es directamente proporcional a la temperatura censada y basta con polarizarla con una fuente sencilla para su funcionamiento.

El sensor de temperatura principal se encuentra en el tanque, este monitorea la temperatura de la temperatura en el exterior del biorreactor, si la temperatura no es la óptima, la PC activa y desactiva la refrigeración para retirar o proporcionar el calor necesario al interior del biorreactor.

En el interior del biorreactor se encuentra otro sensor de temperatura como control para monitorear que la temperatura de la mezcla en estudio sea la adecuada, también es necesario agitar esta mezcla para tener una lectura de temperatura correcta.

0.5.4. Determinación de los modelos matemáticos.

Sistema de medición

El modelo didático de control cuenta con 2 sensores de temperatura, cada uno de ellos se usa para medir un punto específico, estos 2 puntos son: la temperatura externa y la temperatura interna. Para el rango de temperatura a trabajar se tiene una señal de voltaje que varía entre 230 [mV] y 1 [V], esta señal es necesario acondicionarla para obtener un rango de salida entre 0 y 5 V, el acondicionamiento de señal se muestra en la figura 1

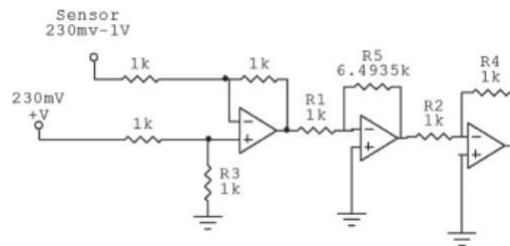


Figura 1: Circuito

Sistema de potencia

El elemento final de control trabaja con una alimentación de 120 [VAC] y una potencia de 100 [W].

Para el control de potencia se utilizará la activación del trigger de un triac. EL disparo del triac permite que pase corriente a la carga, este paso de corriente es controlado por fase como se muestra en la figura 2. El control del trigger se realiza por medio de un cambio en el voltaje de 0 a 5 [V], es decir, cuando se tiene 0 [V] el ángulo de disparo es de 0 y cuando se tiene 5[V] el Angulo de separo es de 180.

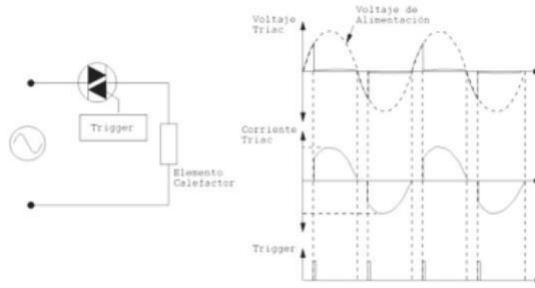


Figura 2: Circuito de potencia

Sistema de adquisición de datos

Una vez acondicionados los 2 sensores se procede a desarrollar un método para adquirir los datos el cual es implementado en LabVIEW. El método de adquisición se muestra en la figura 3 realizado por medio de la tarjeta Raspberry Pi. El método de adquisición se utiliza la configuración de un canal como entrada analógica, se define el reloj para el muestreo, se muestrea continuamente hasta que el usuario detiene el modo de adquisición, al final se guarda todo en un archivo y se limpian todas las tareas y procesos abiertos en el sistema operativo.

A. Técnica de identificación

La identificación de sistemas tiene por objeto obtener el modelo de un sistema dinámico a partir de datos experimentales, en los cuales se tienen en cuenta las variables de entrada, variables de salida y las posibles perturbaciones que afectan al sistema, para realizar una identificación es necesario realizar los siguientes pasos:

Recolección de datos: Primero se definen qué variables se van a medir y cuáles van a ser las señales de entrada que afectan al sistema.

Selección del modelo: Se realiza a partir de un grupo de modelos, se elige el más adecuado y representativo del sistema.

Validación del modelo: La evaluación de la calidad del modelo se basa en determinar cómo se desempeña el modelo cuando se trata de reproducir con él los datos obtenidos experimentalmente, según el comportamiento del sistema se acepta o se rechaza el modelo seleccionado para la identificación.

B. Método de mínimos cuadrados

Este método es la base de distintos métodos paramétricos recursivos y no recursivos de identificación en el cual se trata de identificar los coeficientes θ_{ij} del sistema de ecuaciones propuesto en el modelo, estas ecuaciones se representan como un sistema lineal.

$$\hat{y}_1 = \hat{\theta}_{11}x_1 + \hat{\theta}_{12}x_2 + \dots + \hat{\theta}_{1r}x_n \quad (1)$$

$$\hat{y}_2 = \hat{\theta}_{21}x_1 + \hat{\theta}_{22}x_2 + \dots + \hat{\theta}_{2r}x_n \quad (2)$$

•
•
•

$$\hat{y}_r = \hat{\theta}_{r1}x_1 + \hat{\theta}_{r2} + \dots + \hat{\theta}_m x_n \quad (3)$$

Donde r es el número de salidas del sistema y n es el número de entradas al sistema.
La ecuación se puede representar como:

$$y = X\theta \quad (4)$$

$$z = X\theta + v \quad (5)$$

Donde $z = [z(1)z(2)...z(n)]^T$ es el vector de salida estimada del sistema, $\theta = [\theta_0\theta_1...\theta_n]^T$ es el vector de parámetros para estimar, $X = [1\xi_1...\xi_n]$ es la matriz de estados de la cual depende la señal de salida $v = [v(1)v(2)...v(n)]^T$ es el vector de la medición del error.

El objetivo de este método de identificación es minimizar la suma del error cuadrático cometido en K medidas, para ello se define el error como la diferencia entre el valor medido y el estimado, y se busca minimizar el índice de comportamiento J :

$$J = \frac{1}{2}(z - X\theta)^T(z - X\theta) \quad (6)$$

El valor de θ que minimiza a $J(\theta)$ debe satisfacer que $\frac{\partial J}{\partial \theta} = 0$. Al derivar se tiene:

$$\frac{\partial J}{\partial \theta} = -X^T z + X^T X \hat{\theta} = 0 \quad (7)$$

$$X^T z = X^T X \hat{\theta} \quad (8)$$

$$X^T(z - X\hat{\theta}) = 0 \quad (9)$$

Al despejar $\hat{\theta}$ se obtiene el valor estimado $\hat{\theta}$:

$$\hat{\theta} = (X^T X)^{-1} X^T z \quad (10)$$

Con

$$E(v) = 0, E(vv^T) = \sigma^2 I \quad (11)$$

C. Metodología propuesta

Para el desarrollo del modelo matemático aplicado al sistema de temperatura se siguieron los siguientes pasos: primero se modela el sistema partir de leyes físicas, una vez se tiene el modelo se determina los parámetros desconocidos y la dependencia de éstos con las variables del proceso; luego se toman los datos, para ello se debe

garantizar la calibración de los instrumentos; una vez se toman los datos se realizan la identificación de los parámetros desconocidos por el método de mínimos cuadrados. Los datos que arroja el método de mínimos cuadrados deben ser validados, para ello se toman nuevamente datos con una señal de excitación diferente a los datos tomados anteriormente, se comparan estos datos con el modelo y se calcula el índice de desempeño, el cual dirá si el modelo es confiable o hay que volver a estimar los parámetros.

Modelo matemático del sistema

En la tabla 1 se detallan las variables usadas en el modelo matemático.

Variable	Definición de las variables
H_e	Flujo de calor suministrado por el elemento de potencia
H_s	Flujo de calor al interior del módulo de temperatura
H_m	Flujo de calor en las paredes del módulo de temperatura
Q	Velocidad del flujo de calor en el sistema a controlar
R_{th}	Resistencia térmica del bombillo
k_1	Conductividad térmica = $1/R_t$
C	Capacidad calorífica
M	Masa del cuerpo
c	Calor específico
T_a	Temperatura en el exterior del sistema (Temperatura ambiente)
T_s	Temperatura al interior del módulo de temperatura
T_h	Temperatura del elemento final de control (resistencia térmica)

Para obtener el modelo se tiene la ecuación de equilibrio térmico descrita.

$$H_e = H_s + H_m \quad (12)$$

Donde H_m es el flujo de calor en la pared del material del módulo de temperatura, el cual se da por convección, esta ley afirma que si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o gas, es casi seguro se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El calentamiento de un sistema cerrado mediante un elemento generador de calor no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto del sistema se dirija hacia el elemento generador de calor.

Donde H_s es el flujo de calor en el sistema al interior del módulo de temperatura, el cual se presenta por conducción, esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo (con el signo cambiado). El factor de proporcionalidad se denomina conductividad térmica del material. Los materiales como el oro, la plata o el cobre tienen conductividades térmicas elevadas y conducen bien el calor, mientras que materiales como el vidrio o el amianto tienen conductividades cientos e incluso miles de veces menores; conducen muy mal el calor, y se conocen como aislantes.

$$H_s = \frac{Q}{A} \quad (13)$$

$$Q = C \frac{d}{dt} T_s \quad (14)$$

La capacidad calorífica varía según la sustancia, en el caso de estudio la sustancia objeto de análisis es aire seco, el cual es el que circula al interior del módulo de temperatura. SU relación con el calor específico es: $C = M * c$, donde la masa del cuerpo es una relación entre el volumen y la densidad depende de la temperatura y de la presión.

El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado, esta depende de la temperatura.

$$H_e = \frac{C}{A} \frac{dT}{dt} + \frac{(T_e - T_s)}{R_t} \quad (15)$$

Donde R_t es un parámetro que se encuentra por medio de identificación de sistemas paramétrica por el método de mínimos cuadrados.

Para la aplicación de la técnica de identificación se debe tomar datos del sistema, tanto de la temperatura del medio ambiente, en el elemento calefactor y en el sistema que se quiere modelar. Del modelo se determina las variables que afectan la resistencia térmica T_s , T_a , H_e . Primero se define la matriz de estados.

$$X = \begin{bmatrix} 1 & \frac{T_e(1) - T_s(1)}{H_e(1)} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{T_e(n) - T_s(n)}{H_e(n)} \end{bmatrix}$$

Figura 3:

Segundo se define el vector de parámetros a estimar:

$$\theta_1 = [R_t \quad (T_e - T_s) / (H_e)] \quad (16)$$

Tercero se define los vectores de las salidas estimadas, calculados a partir de los datos censados.

$$z_2 = [R_t(1) \quad R_t(2) \dots R_t(N)]^T \quad (17)$$

Por último se calcula los parámetros a estimar con las siguientes ecuaciones:

$$\hat{\theta}_1 = (X^T X)^{-1} X^T z_1 \quad (18)$$

0.5.5. Implementación del control de temperatura

En nuestra primera etapa donde se debe preparar el alimento para la bacteria se necesita una mezcla de manta con agua, de la cual se debe mantener a una temperatura de entre 68 a 70 grados centígrados con una constante agitación, teniendo en cuenta el uso de una parrilla se implementara el control de temperatura previamente configurado para que al momento de registrar una temperatura elevada a 70 grados, este apagara la parrilla y si registra una temperatura menos a 68 grados encenderá la parrilla, teniendo una agitación constante para la cual se optó por la utilización de un motor nema el cual está unido a una espátula para que mantenga la agitación constante en la mezcla y no hacer que la malta se concentre en el fondo del recipiente.

Para después pasar al estado de bullición en el cual se mantendrá en una temperatura de 100 grados centígrados, en dado caso que la temperatura disminuya o incremente el control de encargara de regular (ya sea apagará o encender las parrilla) la temperatura, en este proceso al igual que el anterior se debe mantener con agitación constante esto ayuda a que la malta no quede en el fondo del recipiente.

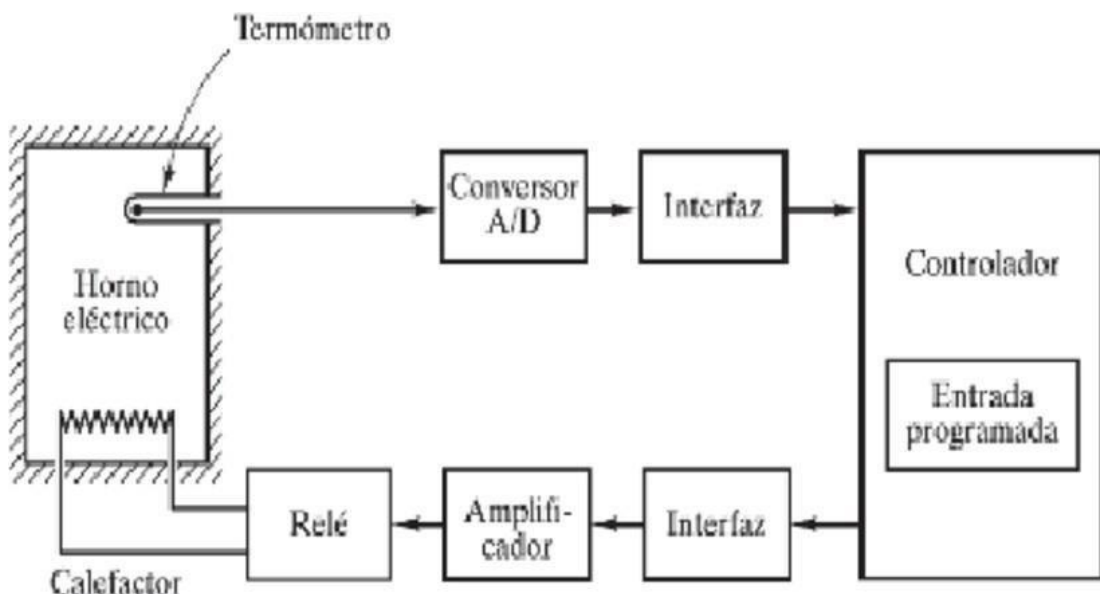
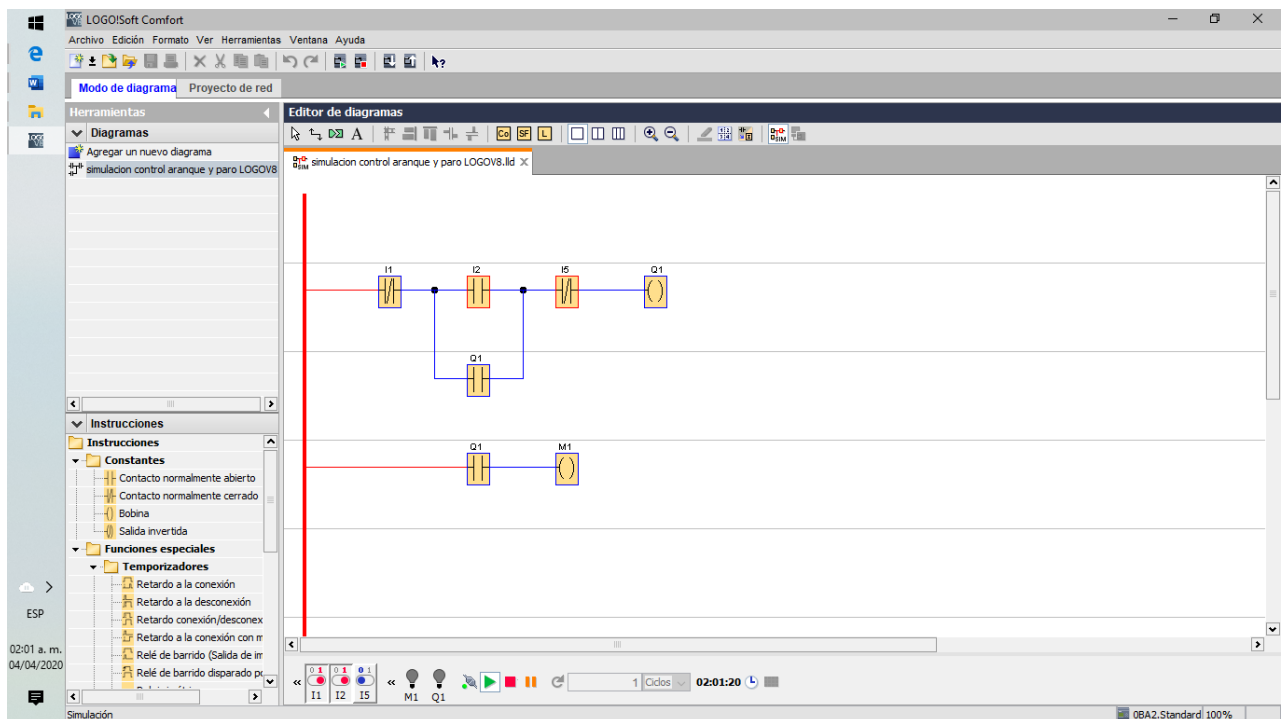


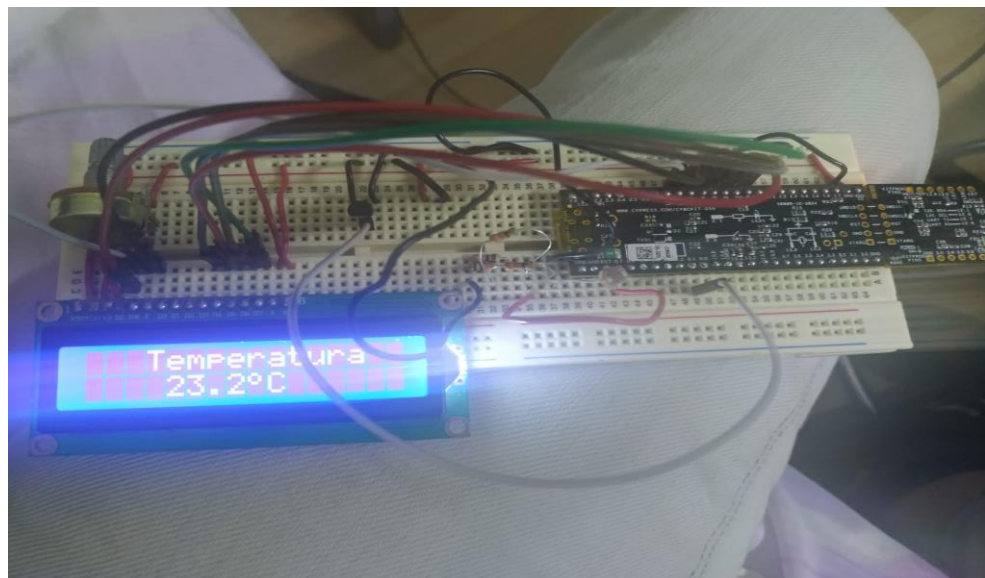
Figura 4: Diagrama de bloques

Diagrama de control electrico para arranque y paro del motor del biorreactor:

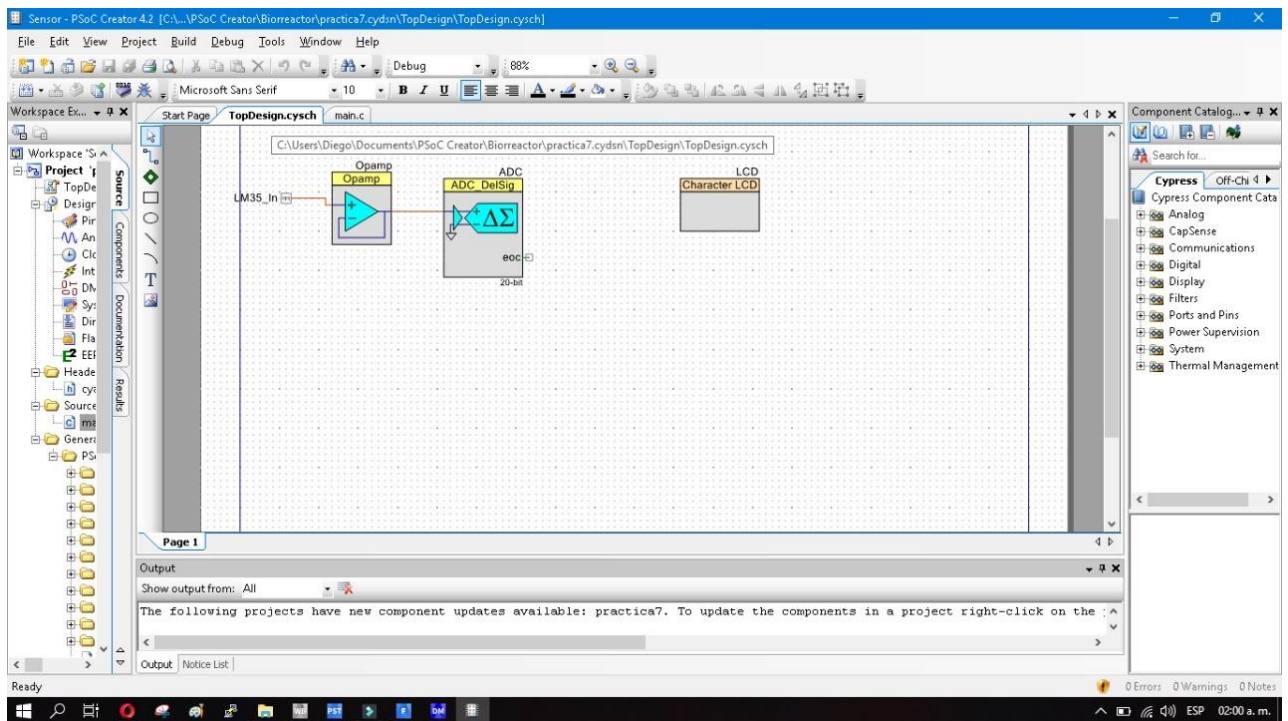


- Se logra apreciar que el diagrama de arranque y paro para adaptación al biorreactor.

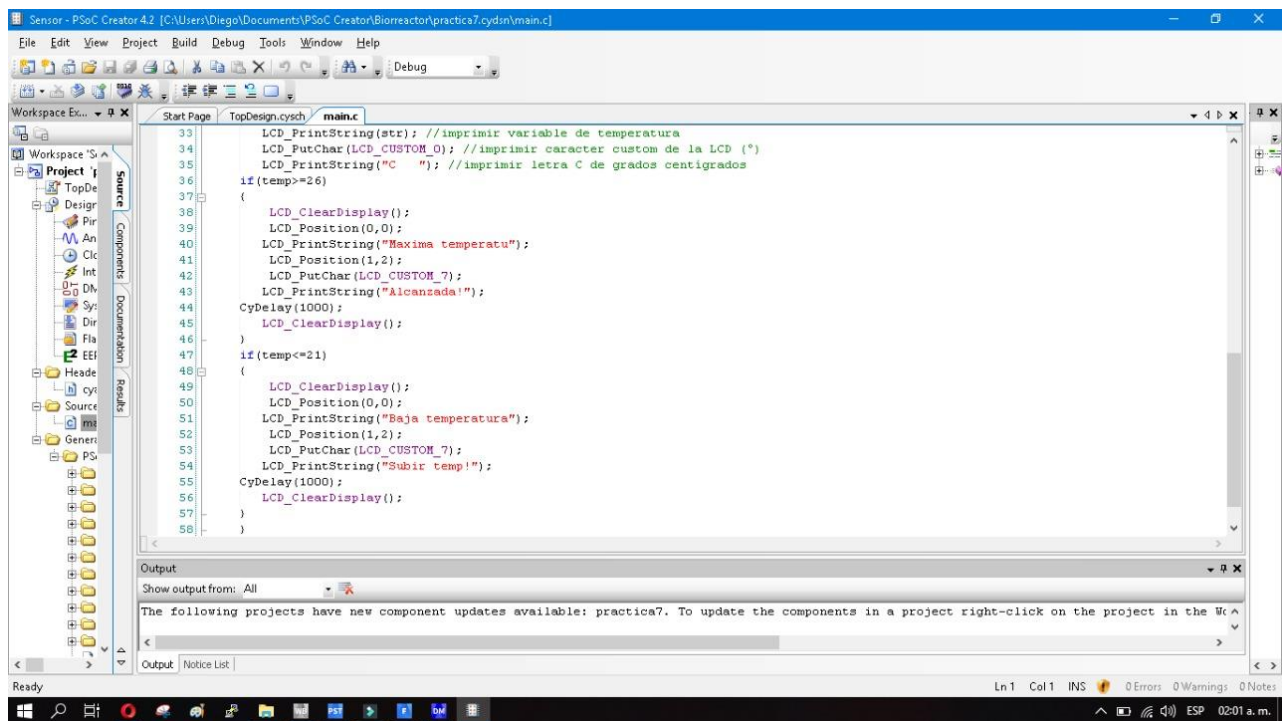
sistema de sensor de temperatura



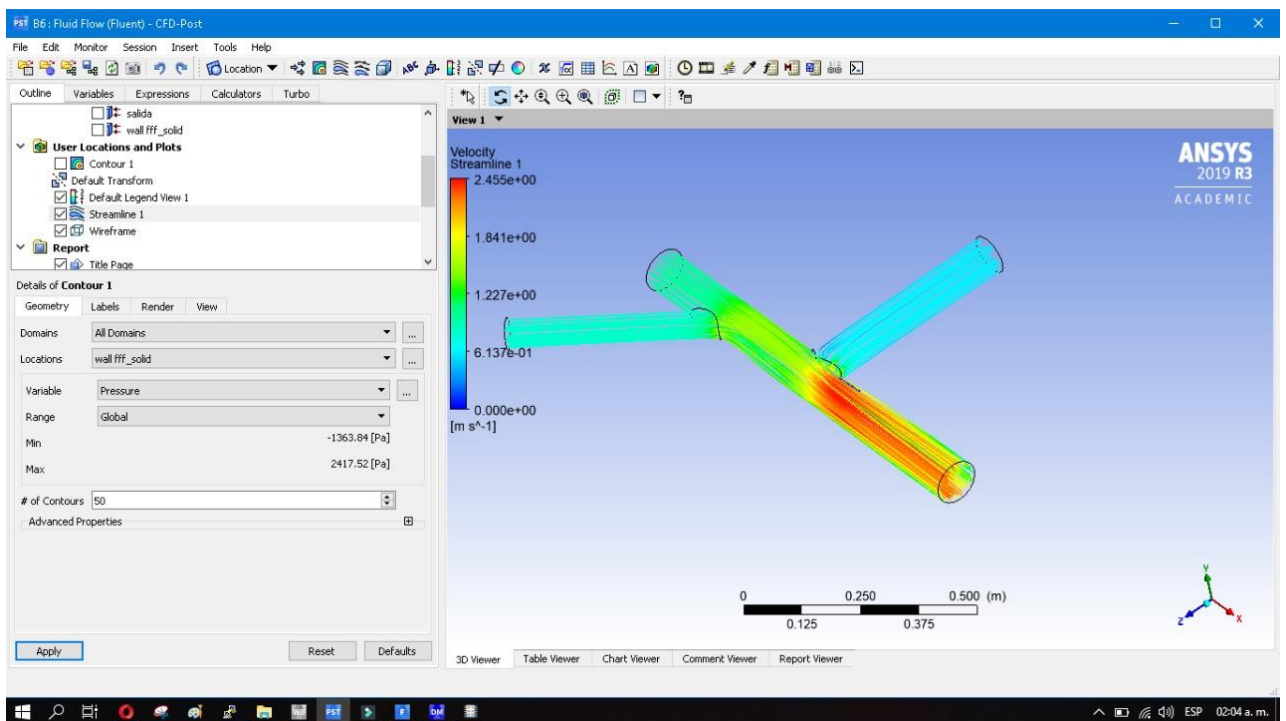
- En la imagen a continuación mostramos como se creó el sistema de control con el LM35 utilizando un ADC ya que la señal que entra es analógica con un ADC delta sigma junto a un OPAMP con una configuración de seguidor para el acoplo de impedancias y de mantener el voltaje, teniendo en cuenta que 10mV equivale a un grado centígrado.



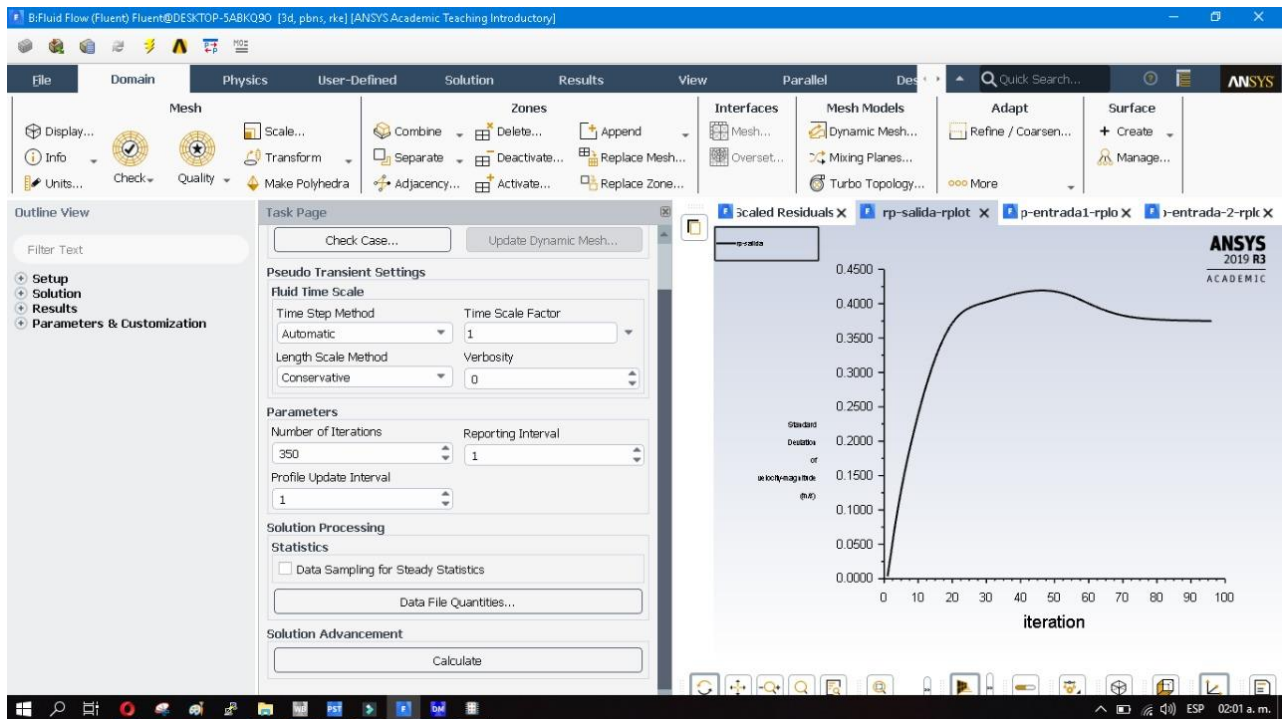
- Aquí podemos observar la programación utilizada, sabiendo que por cada centígrado equivale a 10mV , solo dividimos el voltaje dado entre 10.



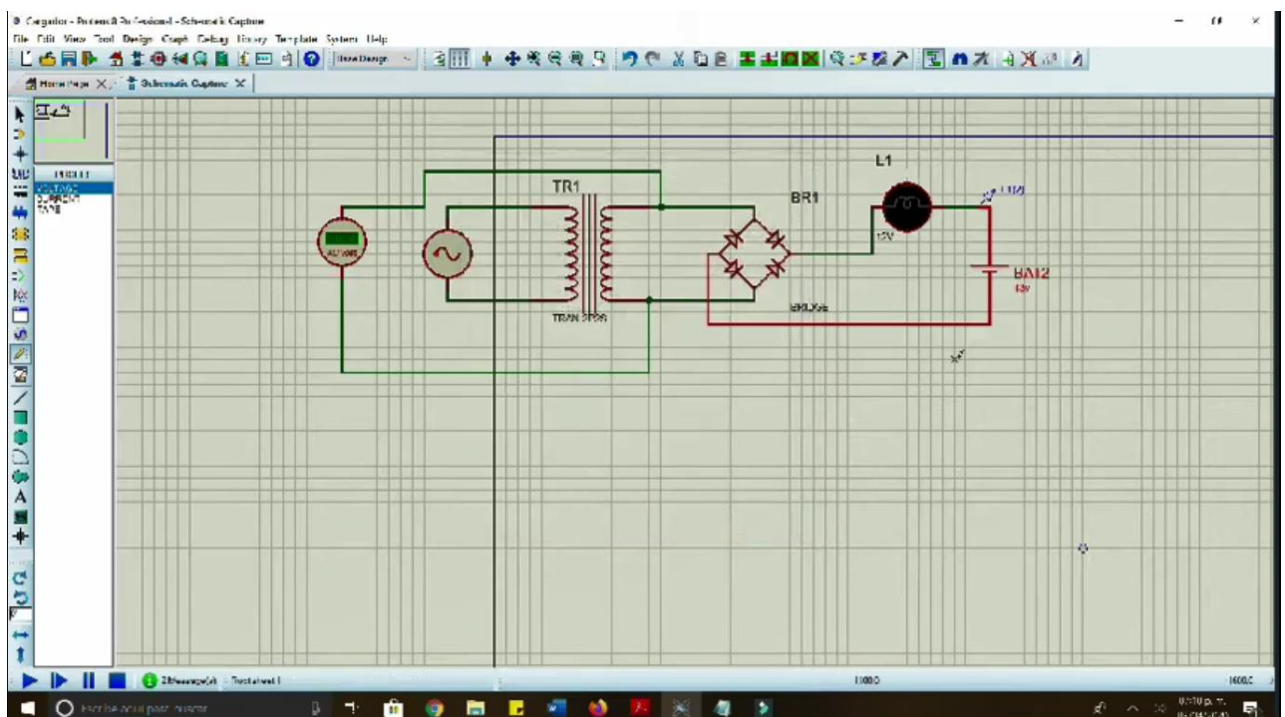
- Se modelo un sistema de tuberías de 3 entradas para el acondicionamiento de temperatura en el cual se analizó la presión ejercida en la tubería, la temperatura, y la velocidad.



- La herramienta ANSYS es capaz de crear una gráfica con los parámetros anterior dicho como es la presión total del sistema



- Se logra apreciar un circuito el caragador de baterias:



- Cotización de proyecto del biorreactor:

cotizaciones y proveedores.xlsx - Excel

Herramientas de tabla

brayan oswaldo ramos chavez

¿Qué desea hacer?

Compartir

Archivo Inicio Insertar Disposición de página Fórmulas Datos Revisar Vista Ayuda Diseño

Calibri 11 A A

Fuente Alineación Número Estilos

Formato condicional Dar formato Estilos de celda Eliminar Insertar Formatos

Ordenar y filtrar Buscar y seleccionar Edición

C23 precio total

nombre de la pieza	cantidad	precio unitario	precio total	domicilio	numero telefonico
clavija	1	\$49	\$49	\$49 Av. Lomas de Roma 264, Lomas del Sur, Jal.	11882357
cable doble #12	2 metros	\$9 metro	\$18	\$18 Calle Valle de los Fresnos 275, Hacienda de Los Eucaliptos, 45640 Tlajomulco de Zúñiga	33 3138 2983
porta fusible	1	\$15	\$15	\$15 Av. Camino a Unión del 4 101, Real del Sol, 45654 Jal.	33 3797 6330
transformador 110v AC a 12VCD 3A	1	\$270	\$270	\$270 Av. Camino a Unión del 4 101, Real del Sol, 45654 Jal.	33 3797 6330
punto rectificador a 3A	1	\$26	\$26	\$26 Av. Camino a Unión del 4 101, Real del Sol, 45654 Jal.	33 3797 6330
socket a 12V	1	\$12	\$12	\$12 Av. Camino a Unión del 4 101, Real del Sol, 45654 Jal.	33 3797 6330
foco a 12V	1	\$30	\$30	\$30 Av. Camino a Unión del 4 101, Real del Sol, 45654 Jal.	33 3797 6330
terminal para bateria	2	\$30	\$60	\$60 Av. Pedro Parra Centeno 120, Patria, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal.	33 1654 6911
cantidad	precio unitario	precio total			
1	\$49	\$49			
2 metros	\$9 metro	\$18			
1	\$15	\$15			
1	\$270	\$270			
1	\$26	\$26			
1	\$12	\$12			
1	\$30	\$30			
2	\$30	\$60			
total		\$480			
iva		16%			
importe del iva		\$76.80			
precio total		\$556.80			

Hoja1

78%