

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA JAULA AUTOMATIZADA PARA
ESPECIES MENORES**

**RUTH EMILSE BOLAÑOS CIFUENTES
CARMEN SHIRLEY SALAZAR SALAZAR**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2006**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN JAULA AUTOMATIZADA PARA
ESPECIES MENORES**

**RUTH EMILSE BOLAÑOS CIFUENTES
CARMEN SHIRLEY SALAZAR SALAZAR**

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título
de
Ingeniero Físico**

**Director
RUBIEL VARGAS CAÑAS
Ingeniero de sistemas**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
INGENIERÍA FÍSICA
POPAYÁN
2006**

Nota de aceptación:

Director

Esp. RUBIEL VARGAS CAÑAS

Jurado

Msc. JORGE WASHINGTON CORONEL

Jurado

Msc. LUIS FERNANDO ECHEVERRY

Fecha de sustentación: Popayán, diciembre 22 de 2006

Dedicatoria

A mis padres

Shirley

A mis padres y Fredy javier

Ruth Emilse

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a:

A nuestras familias por brindarnos su apoyo y ayuda incondicional.

Rubiel Vargas Cañas Director del trabajo de grado, por su orientación y dirección en el trabajo de grado.

German Arturo Bacca Bastidas y †Luis Felipe Idrobo Idrobo por su colaboración durante la etapa inicial del proyecto

Universidad del Cauca y Departamento de Física por su formación durante el transcurso de nuestra carrera.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

Lista de Tablas

	Pág
Tabla 1. Consumo de Potencia	42

Lista de Figuras

	pág
Figura 3.1. Fotorresistencia	24
Figura 3.2. Curva característica de la fotorresistencia	25
Figura 3.3. Sensores de nivel de agua	26
Figura 3.4. Electrovalvulas	28
Figura 3.5. Motor DC	29
Figura 3.6. Motores Paso a Paso	30
Figura 3.7. Motor Paso a Paso	30
Figura 4.1. Diagrama de bloques de un controlador de encendido y apagado	32
Figura 4.2. Esquema Implementación de la Jaula	33
Figura 4.3. Diagrama de bloques control para una jaula automatizada	34
Figura 4.4. Diagrama sensor de temperatura	35
Figura 4.5 Actuador de temperatura	35

Figura 4.6. Conejo en la noche	36
Figura 4.7. Sistema de suministro de agua	37
Figura 4.8. Sistema de suministro de alimento	38
Figura 4.9. Sistema de aseo	39
Figura 4.10. Estructura del menú	40
Figura 4.11. Esquema electrónico del controlador de la jaula	41
Figura 4.12. Despliegue LCD	42
Figura 4.13. Control de la jaula	42

Lista de anexos

	pág.
Anexo A. Diagrama de flujo del control de temperatura	48
Anexo B. Diagrama de flujo del control de luminosidad	49
Anexo C. Diagrama de flujo del control de nivel	50
Anexo D. Diagrama de flujo del control de suministro de alimento	52
Anexo E. Diagrama de flujo del control de aseo	53

GLOSARIO

ADC: conversor análogo a digital.

CECOTROFIA: heces blandas caracterizadas por un mayor contenido acuoso y nitrogenado.

CONEJAZA: excretas de conejo.

ELECTROVALVULA: dispositivo eléctrico que controla el paso de líquido.

GAZAPO: conejo de 1 a 30 días de nacido.

LCD: despliegue de cristal líquido.

SENSOR: elemento de medición que convierte una señal en otra manejable

RESUMEN

Mediante este trabajo se implementó un sistema para el mejoramiento de la cría de conejos. Éste integra varios controles; uno de los cuales nos permite sensar la temperatura con un LM35 y mantenerla constante a 32°C en el nido por medio de una lámpara, disminuyendo así la mortandad en los gazapos.

El control de luminosidad se implementó utilizando una fotorresistencia, para garantizar 16 horas de luz; dado que el efecto de ésta es muy importante en el aumento de la fertilidad tanto de hembras como de machos.

Generalmente la cría de conejos se lleva a cabo en zonas rurales, donde el agua no es apta para el consumo. Debido a esto se implementó un modo de control para brindar a los animales agua previamente reposada, minimizando así posibles impurezas que pueden llegar a ocasionar enfermedades que afectan el normal desarrollo de los animales.

La jaula cuenta con un suministro de alimento automatizado que se realiza con un motor paso a paso a una hora determinada de la mañana. Esto evita la contaminación del concentrado por inadecuada manipulación y facilita el trabajo de cuidado de los animales.

Otro factor relevante para el sano desarrollo de los conejos es el aseo permanente en las jaulas ya que las enfermedades más frecuentes son causadas por falta de asepsia constante. Este control se realiza con un motor DC, acondicionado para funcionar como vibrador. Dicha acción se ejecuta en periodos de tiempo establecidos por el usuario.

Toda la información de los controles se puede visualizar por medio de una pantalla, en la que se despliega un menú que ofrece al usuario la posibilidad de elegir las condiciones que para él son las óptimas; la elección se realiza por medio de un teclado matricial.

CONTENIDO

	pág.
1. VARIABLES PARA LA CRIANZA DE ESPECIES MENORES (CONEJOS).....	15
2. VARIABLES FÍSICAS	17
2.1 TEMPERATURA.....	17
2.1.1 Transmisión del calor.....	18
2.2 LUMINOSIDAD	22
3. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	23
3.1 SENSOR.....	23
3.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA	23
3.1.2 SENSOR DE LUZ	23
3.1.3 SENSORES DE NIVEL DE AGUA	25
3.2 RELOJ DS1302	26
3.3 MICROCONTROLADOR	26
3.4 ELECTROVÁLVULAS.	27
3.5 MOTORES.....	28
4. SISTEMAS DE CONTROL IMPLEMENTADOS.....	32
4.1 CONTROL DE DOS POSICIONES (ON/OFF)	32
4.2 CONTROL DE TEMPERATURA.....	34
4.3. CONTROL DE LUMINOSIDAD.....	35
4.4. CONTROL DE SUMINISTRO DE AGUA.....	36
4.5. CONTROL DE SUMINISTRO DE ALIMENTO	37

4.6. CONTROL DE ASEO.....	38
4.7. DESPLIEGUE POR PANTALLA	39
4.8 CONSUMO DE POTENCIA	43
5. CONCLUSIONES.....	44
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46

INTRODUCCIÓN

En zonas rurales del sur occidente colombiano, se desarrollan actividades agropecuarias como la cría de especies menores, tales como: conejos y curies. Éstas son domésticas y apetecidas por las relativas facilidades de crianza y su alta capacidad reproductiva, además de poseer carne de muy buen sabor caracterizada por ser muy sana y de alto valor nutritivo atribuible a que su alimentación en mayor parte vegetales. Otra ventaja de esta actividad es la reciclabilidad de las excretas por tener gran valor agronómico, lo cual las hace utilizables como abono o como componente de abonos. La cría de estos animales es un negocio rentable para quienes comercializan su carne o la piel.

La crianza de estos animales requiere de muchos cuidados para evitar afecciones que incluso pueden ocasionarles la muerte. Las enfermedades más comunes se deben a la acumulación de orina y excreta, requiriéndose un aseo frecuente de las jaulas y también una temperatura adecuada en determinados periodos del crecimiento. Los factores determinantes de salubridad a tener en cuenta son: temperatura adecuada para los gazapos, frecuente limpieza de las jaulas, adecuado suministro de alimentos y de agua. Además un control en la luminosidad puede aumentar su reproducción. En la actualidad la supervisión de estas actividades se hace estrictamente en forma manual, este trabajo muestra un diseño que lo hace en forma automática, ofreciendo a la comunidad un equipo que garantiza el mejoramiento de la producción y disminución en la mortalidad.

1. VARIABLES PARA LA CRIANZA DE ESPECIES MENORES (CONEJOS)

El objetivo de la crianza de conejos es obtener carne, piel o pelo. Su principal finalidad es la obtención de carne, dado que el consumo anual estimado a nivel mundial es de 200 [g/persona].¹

La calidad de los diferentes productos depende de las condiciones en las que crezcan los animales.

De acuerdo a la edad y el estado reproductivo en que se encuentre, sus requerimientos de temperatura son diferentes, a saber: Para los conejos, particularmente hembras y sus crías es de 15 – 20°C, para reproductores, crecimiento y acabado de 10 – 25°C y para gazapos recién nacidos en su nido es 31 – 36°C.¹

La humedad relativa es otro factor importante, oscila entre 50-65%. Debe tener en cuenta que altas temperaturas y bajas humedades relativas conducen a la postración del animal, debido a la dificultad para disipar el calor. Las bajas temperaturas y altas humedades relativas incrementan el consumo de alimentos y producen enfermedades digestivas y respiratorias.

La iluminación entre 8 y 16 horas diarias es útil para la espermatogénesis y la actividad sexual del macho, y para la fecundidad de la hembra, pues aumenta el consumo de alimento y si es adecuadamente manejada no altera la cecotrofia¹.

Es recomendable suministrar 110 – 130 [g/día] por animal en crecimiento y acabado, 350 – 380 [g/día] por hembra lactante y 120 [g/día] para machos en descanso, el suministro de agua varía según el contenido hídrico de los

alimentos sólidos, la temperatura ambiental y la producción láctea, de 200 – 300 [ml/día] en animales en etapa de crecimiento, 500 – 600 [ml/día] para animales adultos, 1000 - 1500 [ml/día] en hembras gestantes y 1500 – 3000 [ml/día] en hembras lactantes¹.

Las instalaciones y equipos deben ser sometidos periódicamente a procesos de limpieza secado y desinfección, para evitar enfermedades.

Debe asegurarse un ambiente adecuado para que, en condiciones de temperatura, ventilación y luminosidad, exista un buen desarrollo, además de prevenir enfermedades como: Cossidiosis, Colibacilosis, Salmonelosis, parásitos gastrointestinales, afecciones respiratorias y abscesos plantares.

2. VARIABLES FÍSICAS

2.1 TEMPERATURA

La temperatura es una magnitud física descriptiva de un sistema que caracteriza la transferencia de energía térmica o calor, entre ese sistema y otros. Desde un punto de vista microscópico, es una medida de la energía cinética asociada al movimiento aleatorio de las partículas que componen el sistema.

Concretamente, dado un sistema en el cual su hamiltoniano se pueda expresar como suma de energías cinéticas de todas las partículas, y suma de energías potenciales de partículas tomadas por pares es decir,

$$H = T + V$$

Donde la energía potencial

$$V = \sum_{i < j} V(r_{ij})$$

Entonces se cumple
$$\frac{3}{2} NK_B T = \frac{1}{n} \sum_{i < n} \frac{1}{2} m v_i^2$$

Siendo

K_B : Constante de Boltzmann

N: Número total de partículas

T: Temperatura

n: Número de partículas por unidad de volumen

m: Masa de la partícula

v: Velocidad de la partícula

2.1.1 Transmisión del calor

El calor se transfiere básicamente por tres procesos distintos; en la naturaleza, todos los mecanismos de transmisión intervienen simultáneamente con distintos grados de importancia; conducción en sólidos, convección en fluidos (líquidos o gases) y radiación a través de cualquier medio transparente a ella, el método elegido en cada caso es el que resulta más eficiente siendo posible lograr que sólo uno de ellos sea el dominante.

- Conducción. La propagación del calor a través de la conducción se caracteriza por:

- Existe un medio material a través del cual se propaga el calor

- Se transmite el calor sin transporte de materia.

La conducción del calor en muchos materiales puede visualizarse como resultado de los choques moleculares, como en el caso de líquidos y gases, o movimiento de electrones o vibraciones de la red cristalina, como el caso de los sólidos; al chocar las moléculas calientes más rápidas con sus vecinas frías, más lentas, les transfieren algo de su energía, y la velocidad de las vecinas aumenta también. Así, la energía asociada al movimiento térmico se propaga. Lo mismo puede decirse para los sólidos respecto del movimiento de los electrones o las vibraciones de la red cristalina.

Como consecuencia del segundo principio de la termodinámica, el calor siempre se propaga de las zonas calientes a las zonas frías. Experimentalmente se observa que el flujo de calor dQ/dt , es decir el calor que fluye por una barra de material de área transversal A en la unidad de tiempo, es proporcional a la diferencia de temperatura de sus extremos ($T_c -$

T_F), a el área transversal A e inversamente proporcional a la longitud l de la barra, es decir:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{T_C - T_F}{l} \quad (1)$$

donde k una constante de proporcionalidad, llamada conductividad térmica característica del material.

El cociente $\frac{T_C - T_F}{l}$ se denomina el gradiente térmico de la barra. En general el gradiente térmico en cada punto de la barra se define por dT/dx . El signo menos en (1) indica que el flujo siempre va de la fuente caliente a la fría. Implícitamente suponemos que no hay pérdidas de calor en la barra por los lados laterales de la misma por otros mecanismos. Esta expresión también puede escribirse como:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -\frac{kA}{l}(T_C - T_F) = \frac{\Delta T}{\mathfrak{R}} \quad (2)$$

siendo \mathfrak{R}_{ter} la resistencia térmica de la muestra, magnitud análoga a la resistencia eléctrica.

$$\mathfrak{R}_{ter} = \frac{l}{kA} \quad (3)$$

La ecuación (2) también es útil escribirla en forma diferencial para un elemento infinitesimal de longitud dx como:

$$H = \frac{dQ}{dt} = -kA \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

Los metales son buenos conductores de calor, en general los buenos conductores eléctricos son también buenos conductores térmicos, aunque existen notables y útiles excepciones como el acero inoxidable, la mica y el diamante.

La madera, el plástico, el vidrio, el aire, tiene coeficientes de conducción térmica pequeños son malos conductores del calor.

- Convección. Aunque los líquidos y los gases no suelen ser muy buenos conductores de calor, pueden transmitirlo eficientemente por convección. La propagación del calor a través de la convección se caracteriza por:

Existe un medio material fluido a través del cual se propaga el calor

La densidad del medio varía con la temperatura y la gravedad juega un rol importante, sin ella no hay convección.

El calor se transmite con transporte de materia.

Mientras que la conducción implica moléculas y/o electrones que se mueven pequeñas distancias y chocan, en la convección interviene el movimiento de muchas moléculas a lo largo de distancias microscópicas.

La convección tiene lugar cuando áreas de fluido caliente ascienden hacia las regiones de fluido frío. Cuando esto ocurre, el fluido frío desciende tomando el lugar del fluido caliente que ascendió. Este ciclo da lugar a una continua circulación en que el calor se transfiere a las regiones frías por lo que disminuye su densidad; por esta razón se eleva. Las corrientes oceánicas, calientes o frías, como la corriente del Golfo, son un ejemplo de convección natural a gran escala.

Cuando se calienta una olla con agua, se desatan corrientes de convección en la medida en que el agua caliente del fondo sube, debido a su menor densidad, y es sustituida por el agua más fría de la parte superior. Este principio se usa en muchos sistemas de calefacción, como el de los radiadores de agua caliente.

- Radiación. En la conducción y la convección es necesaria la presencia de la materia. Sin embargo, la vida sobre la Tierra depende de la transferencia

de energía solar, y ésta llega a nuestro planeta atravesando el espacio. El calor que recibimos en un hogar es principalmente energía radiante. La propagación del calor a través de la radiación se caracteriza por:

No es necesario que exista un medio material para que se produzca la radiación.

El calor se transmite sin transporte de materia.

La radiación consiste esencialmente en ondas electromagnéticas. La radiación del Sol se produce principalmente en la zona visible y en otras longitudes de onda a las que el ojo no es sensible, como la infrarroja, que es la principal responsable del calentamiento de la Tierra.

La tasa a la que un objeto irradia energía viene dada por la expresión de Stefan-Boltzmann:

$$P_{irr} = A\varepsilon(\lambda, T)\sigma_{SB}T^4 \quad (5)$$

aquí, A es el área de la superficie del objeto que irradia y que está a la temperatura absoluta T , $\varepsilon(\lambda, T)$ es una propiedad característica de cada material y las condiciones de su superficie llamada la emisividad del material y que en general depende de la temperatura y longitud de onda o tipo de radiación electromagnética. σ_{SB} es una constante universal llamada la constante de Stefan-Boltzmann, su valor es $\sigma_{SB} = 5.67 * 10^{-8} \frac{W}{mK^4}$.

En equilibrio térmico un cuerpo absorbe tanto como irradia (Ley de Kirchoff), por lo tanto los buenos emisores son también buenos absorbentes. Las superficies negras tienen emisividades mayores que las claras o brillantes. Esto hace que los objetos negros y oscuros absorban casi toda la radiación que les llega y es la causa de que la ropa clara sea preferible a la oscura cuando el día es caluroso. Si un objeto de temperatura T_1 está en un medio a una temperatura T_2 el objeto estará absorbiendo y emitiendo radiación, la potencia radiada neta será:

$$P_{irr_neta} = A\varepsilon(\lambda, T)\sigma_{SB}(T_1^4 - T_2^4) \quad (6)$$

En equilibrio, $P_{irr_neta}=0$, o sea $T_1=T_2$.

2.2 LUMINOSIDAD

En Física se define la luminosidad instantánea como el número de partículas por unidad de superficie y por unidad de tiempo en un haz. Se mide en unidades inversas de sección eficaz por unidad de tiempo. Al integrar esta cantidad durante un periodo de tiempo se obtiene la luminosidad integrada, la cual se mide en unidades inversas de sección eficaz (como por ejemplo pb⁻¹). Cuanto mayor es esta cantidad mayor es la probabilidad de que se produzcan sucesos interesantes en un experimento de altas energías.

3. DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

3.1 SENSOR

Sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que detecta, o sensa manifestaciones de cualidades o fenómenos físicos, como la temperatura, luminosidad, energía, velocidad, aceleración, tamaño, cantidad, etc. y convierte la variable de entrada en otra variable manejable, tal como un desplazamiento o un voltaje.

Pueden ser de indicación directa (un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador o un despliegue) de modo que los valores sensados puedan ser leídos por un humano o por una maquina.

3.1.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Se utilizan para convertir señales de temperatura a voltaje; el circuito integrado de precisión LM35 es utilizado para sensar la temperatura de la gazapera o nidal y así poder mantenerla en 32°C. Este dispositivo tiene las siguientes características: salida de voltaje lineal proporcional a la temperatura en grados Celsius, el factor de escala es lineal: 10mV equivale a 1°C.

3.1.2 SENSOR DE LUZ

Los sensores de luz proporcionan una medida de la intensidad de la luz en un determinado lugar, para realizar estas medidas en condiciones ambiente, los sensores más utilizados basan su funcionamiento en una resistencia que varía su valor en función de la luz que incide sobre su superficie. Cuando

más sea la intensidad de luz que incida en la superficie menor será su resistencia y cuando menos luz incida mayor será la resistencia. La forma externa puede variar y ajustarse para cada aplicación.

La fotorresistencia que se utiliza en este trabajo, figura 3.1, tiene un diámetro de 10mm y su respuesta es exponencial como se muestra en la figura 3.2.

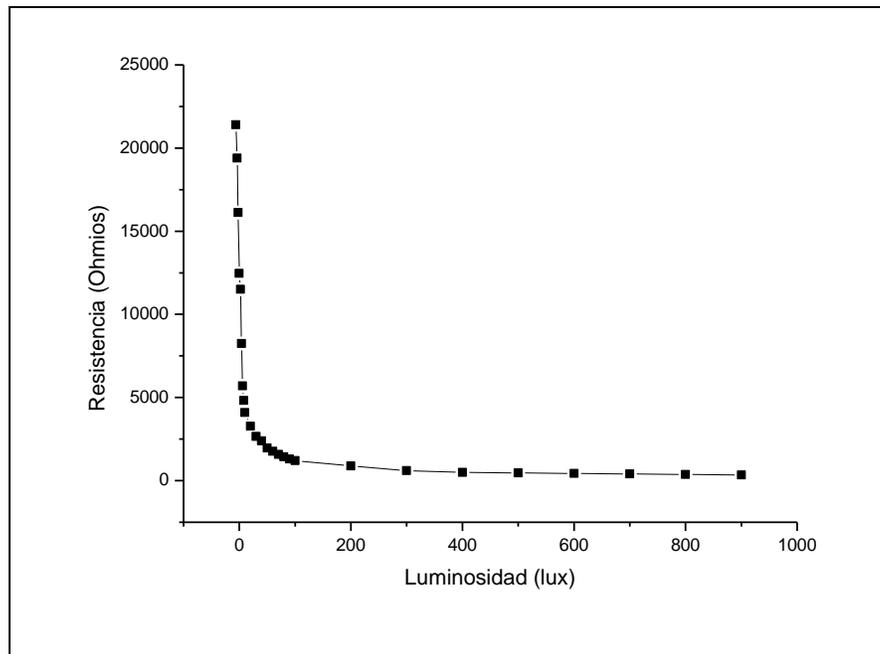
El control de luminosidad funciona durante 16 horas que van de 6:00am a 10:00pm, garantizando que la luminosidad sea mayor a 200 Lux esto es que la resistencia tome valores menores a 3.20 K Ω

Figura 3.1. Fotorresistencia



Fuente: [Wikipedia, la enciclopedia libre.htm](https://es.wikipedia.org/wiki/Fotorresistencia)

Figura 3.2. Curva característica de la fotorresistencia



3.1.3 SENSORES DE NIVEL DE AGUA

Se utilizan para conocer el nivel de líquido en un recipiente; en este trabajo indican el nivel de agua alto o bajo en los tanques, para así garantizar que el agua consumida por los conejos ha tenido un reposo de 24 horas. Este sensor tiene 15 mm de ancho y 40 mm de largo, cuenta con dos (2) tornillos de bronce separados a una distancia de 10 mm por medio de material no conductor (PVC), figura 3.3. Un tornillo se conecta a un voltaje positivo de 5V y el otro a tierra, formando un cortocircuito cuando los dos están tocando el agua, siendo su principio de funcionamiento la conductividad eléctrica.

Figura 3.3. Sensores de nivel de agua



3.2 RELOJ DS1302

El DS1302 es un circuito integrado que contiene un reloj calendario que funciona en tiempo real, con 31 bytes de memoria RAM estática, la comunicación con el microcontrolador es serial; este proporciona la información de tiempo en segundos, minutos y horas, además provee las fechas en días, meses y años.

3.3 MICROCONTROLADOR

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de controlador embebido.

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo existe un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a

controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada³.

En este trabajo se utilizó el microcontrolador 18F452, el cual nos permite realizar conversiones análogo-digital (ADC), de acuerdo a su configuración sus puertos funcionan como entradas o salidas, en este trabajo el microcontrolador recibe datos de un teclado, y también de los sensores, después del procesamiento de las señales los actuadores entran a funcionar, además cuenta con despliegue por pantalla LCD; se utilizó el puerto E como puerta paralela esclava (PSP), que sirve para permitir la comunicación en paralelo con otros elementos del sistema en este caso el DS1302⁴.

3.4 ELECTROVÁLVULAS.

Tienen como función controlar el paso de agua de la acometida a los tanques de almacenamiento. Las electroválvulas Eva, figura 3.4, tienen dos posiciones abierto o cerrado, se acciona con 120V AC a 60 Hz; entran en funcionamiento en el instante que el sensor alto este inactivo y a una hora especificada previamente, cuando el sensor de nivel alto se active se retira la alimentación de 120 V AC cerrándose para impedir el paso de agua.

Figura 3.4. Electrovalvulas



3.5 MOTORES

Máquina que transforma una forma de energía cualquiera en energía mecánica, los motores son de corriente alterna o corriente continua, figura 3.5; uno de los factores más importantes a controlar en ellos es la velocidad, también en la elección de estos se debe tener en cuenta la frecuencia de los arranques del sistema.

Todos los motores disponen de un eje de salida para acoplar un engranaje, polea o mecanismo capaz de transmitir el movimiento creado por el motor.

El funcionamiento de un motor se basa en la acción de campos magnéticos opuestos que hacen girar el rotor (eje interno) en dirección opuesta al estator (imán externo o bobina), con lo que si sujetamos por medio de soportes la carcasa del motor el rotor con el eje de salida será lo único que gire.

Para cambiar la dirección de giro en un motor de Corriente Continua tan solo se tiene que invertir la polaridad de la alimentación del motor.

Figura 3.5. Motor DC



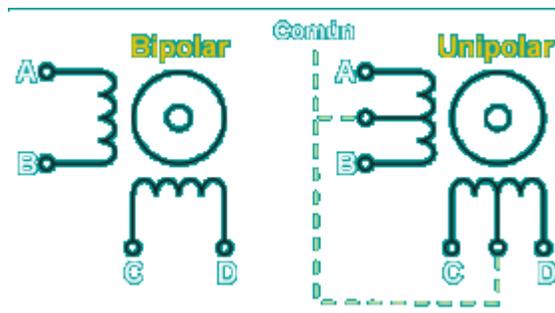
Para modificar su velocidad se puede variar su tensión de alimentación con lo que el motor perderá velocidad, pero también perderá par de giro (fuerza) o para no perder par en el eje de salida se puede hacer un circuito modulador de anchura de pulsos (pwm) con una salida a transistor de mas o menos potencia según el motor utilizado.

Motor Paso a Paso: un motor Paso a Paso, figura 3.7, se diferencia de un motor convencional en que en este se puede posicionar su eje en posiciones fijas o pasos, pudiendo mantener la posición. Esta peculiaridad es debida a la construcción del motor en si, teniendo por un lado el rotor constituido por un imán permanente y por el otro el estator construido por bobinas, al alimentar estas bobinas se atraerá el rotor de polo opuesto magnético con respecto al polo generado por la bobina y este permanecerá en esta posición atraído por el campo magnético de la bobina hasta que esta deje de generar el campo magnético y se active otra bobina haciendo avanzar o retroceder el rotor

variando los campos magnéticos en torno al eje del motor y haciendo que este gire.

Los motores paso a paso pueden ser de dos tipos unipolares y bipolares, según se muestra en la figura 3.6.

Figura 3.6. Motores Paso a Paso



Fuente: X-Robotics Robotica & μ C PIC

Figura 3.7. Motor Paso a Paso



El motor unipolar normalmente dispone de 5 o 6 cables dependiendo si el común esta unido internamente o no, para controlar este tipo de motores existen tres métodos con sus correspondientes secuencias de encendido de bobinas, el común irá conectado a +Vcc o masa según el circuito de control usado y luego tan solo tendremos que alimentar la bobina correcta para que avance o retroceda el motor según avancemos o retrocedamos en la secuencia.

EL motor bipolar lleva dos bobinados independientes el uno del otro, para controlar este motor se necesita invertir la polaridad de cada una de las bobinas en la secuencia adecuada

Cada inversión en la polaridad provoca el movimiento del eje, avanzando este un paso, la dirección de giro corresponde con la dirección de la secuencia de pasos.

4. SISTEMAS DE CONTROL IMPLEMENTADOS

4.1 CONTROL DE DOS POSICIONES (ON/OFF)

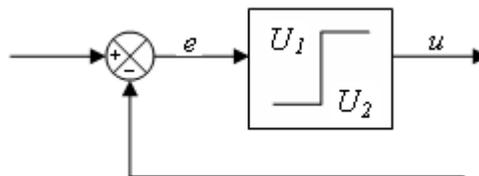
En un sistema de control de dos posiciones, figura 4.1, el elemento de actuación solo tiene dos posiciones fijas, simplemente encendido y apagado. El control de dos posiciones es relativamente simple y barato, razón por la cual su uso es extendido en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

Si la señal de salida del controlador es $u(t)$ y la señal de error es $e(t)$. En el control de dos posiciones, la señal $u(t)$ permanece en un valor ya sea máximo o mínimo, dependiendo de si la señal de error es positiva o negativa. De este modo,

$$u(t) = U_1 \quad \text{Para } e(t) > 0 \\ = U_2 \quad \text{Para } e(t) < 0$$

en donde U_1 y U_2 son constantes. Por lo general, el valor mínimo de U_2 es cero o $-U_1$. Es común que los controladores de dos posiciones sean dispositivos eléctricos.

Figura 4.1. Diagrama de bloques de un controlador de encendido y apagado



La figura 4.2 es un esquema donde se muestra la implementación de los controles y en la figura 4.3 se observa el diagrama de bloques general para el control de la jaula.

Figura 4.2. Esquema Implementación de la Jaula

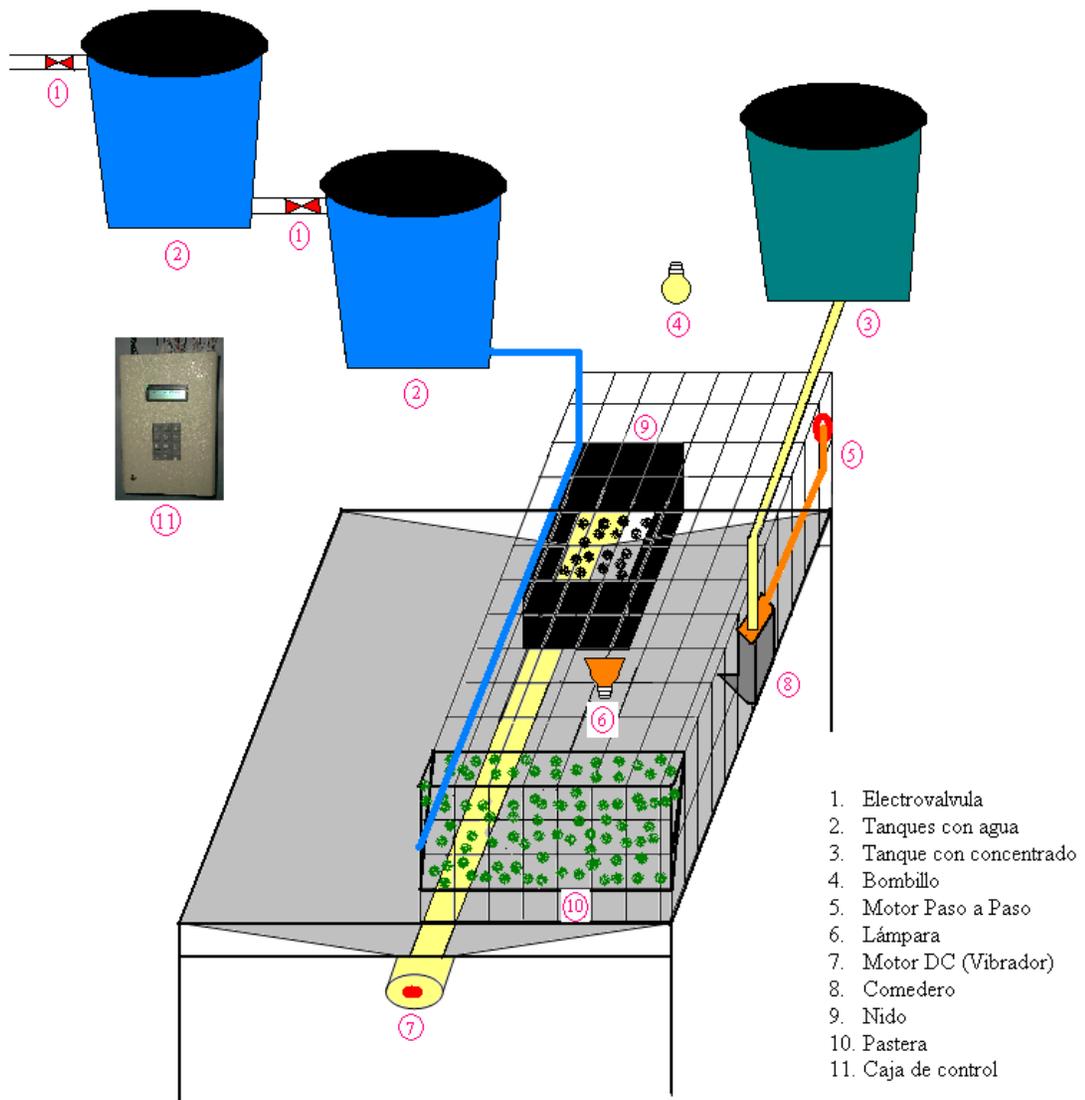


Figura 4.3 Diagrama de bloques del control para una jaula automatizada



4.2 CONTROL DE TEMPERATURA

La variable de control determinante en un sistema automatizado pecuario es la temperatura; la necesidad de un control automático para mejorar las condiciones ambientales de la cría de los animales y aligerar la carga en las operaciones manuales, es una necesidad latente para los productores del sector pecuario, con esto además se aumentan los niveles de producción siendo así más competitivos en el mercado actual.

El control de temperatura se realiza en el nido de la jaula hecho en lámina galvanizada siendo el piso $\frac{1}{4}$ en lámina donde va a incidir el calor que se propaga por conducción al resto del nido y los $\frac{3}{4}$ restantes en lámina con orificios, aquí se utiliza un control de encendido y apagado. La temperatura se sensa mediante un LM35, la figura 4.3 muestra el esquema del sensor, la salida de este es amplificada para luego ingresarla al ADC del microcontrolador PIC 18F452, ejecutándose un programa escrito en ANSI C ejerciendo un control sobre un actuador, que en este caso es una lámpara a 75W que se va a encender cuando la temperatura en el nido sea inferior a 32 °C, en la figura 4.5 se muestra la lámpara que es la encargada de proporcionar calor al nido.

La luminosidad se sensa por medio de una fotorresistencia previamente caracterizada en la cual cae un voltaje que depende de la cantidad de luz incidente, dicho voltaje se ingresa al ADC del microcontrolador PIC 18F452, ejecutándose el programa que enciende o apaga un bombillo para completar un tiempo de 16 horas de luminosidad, figura 4.6

Figura 4.6 Conejo en la noche



4.4. CONTROL DE SUMINISTRO DE AGUA

Un factor importante para garantizar el buen estado de salud de los conejos, es proporcionarles agua libre de partículas contaminantes, siendo suficiente para esto que el agua que consumen haya tenido un reposo de 24 horas.

El sistema de suministro de agua esta compuesto por dos tanques de almacenamiento, uno es el que proporciona agua directamente a la jaula, la cual ya ha sido reposada en el tanque que esta conectado a la acometida; los tanques cuentan con sensores de nivel que permiten conocer el estado

del nivel, lleno o vacío, ingresando un nivel DC al microcontrolador PIC 18F452, que posteriormente realiza el control sobre las electrovalvulas, que se encuentran ubicadas a la entrada de cada tanque, figura 4.7

Figura 4.7 Sistema de suministro de agua



4.5. CONTROL DE SUMINISTRO DE ALIMENTO

La buena alimentación de los conejos permite su normal y óptimo crecimiento, así una dieta adecuada y suministrada a la hora correcta, mejora su desarrollo.

El concentrado se encuentra en una tolva o tanque de almacenamiento, el cual está comunicado con el comedero por medio de un tubo, los comederos cuentan con una tapa que evita la contaminación del concentrado y que además nos permite controlar el paso de este por medio de un

desplazamiento, sujeto a un motor paso a paso controlado por el PIC 18F452, donde este desplazamiento se realiza por un tiempo determinado, permitiendo con esto la caída de una cantidad de concentrado ya fijada, luego de esto regresa a su posición original limitando el paso de concentrado, figura 4.8

Figura 4.8 Sistema de suministro de alimento



4.6. CONTROL DE ASEO

Que los animales cuenten con un espacio que les brinde un ambiente limpio, hace que disminuya la probabilidad de contraer enfermedades.

La jaula se encuentra sobre un soporte que consta de dos laminas inclinadas que reciben la excreta de los conejos y permiten su caída a un canal .el cual también cuenta con una inclinación y un vibrador que facilita el desplazamiento de la conejaza a un recolector que cuenta con una lamina

con orificios que separan la excreta de los orines, manteniéndola seca, figura 4.9

Figura 4.9 Sistema de aseo



4.7. DESPLIEGUE POR PANTALLA

Por medio de una LCD, figura 4.12 se despliega un menú que le permite al usuario acceder a diferentes opciones para configurar el control y conocer los días de vida de los gazapos, figura 4.10

Figura 4.10 Estructura del menú

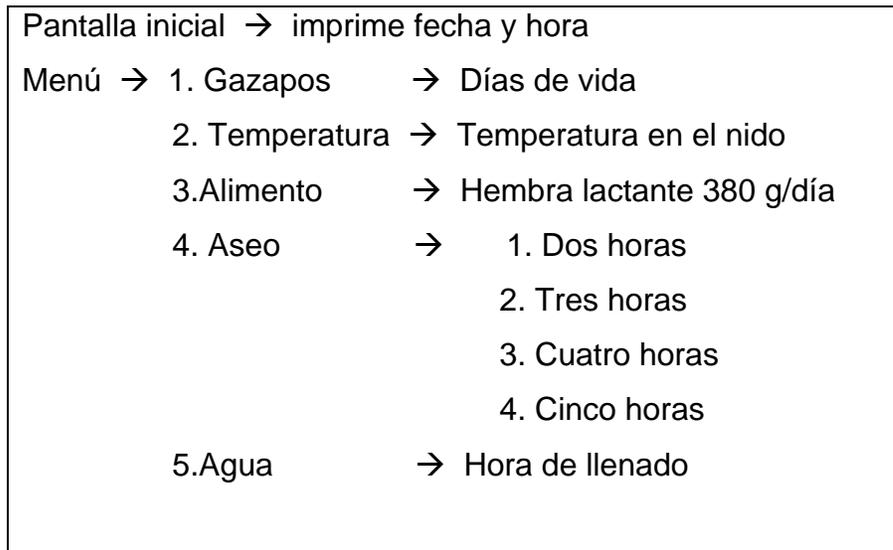
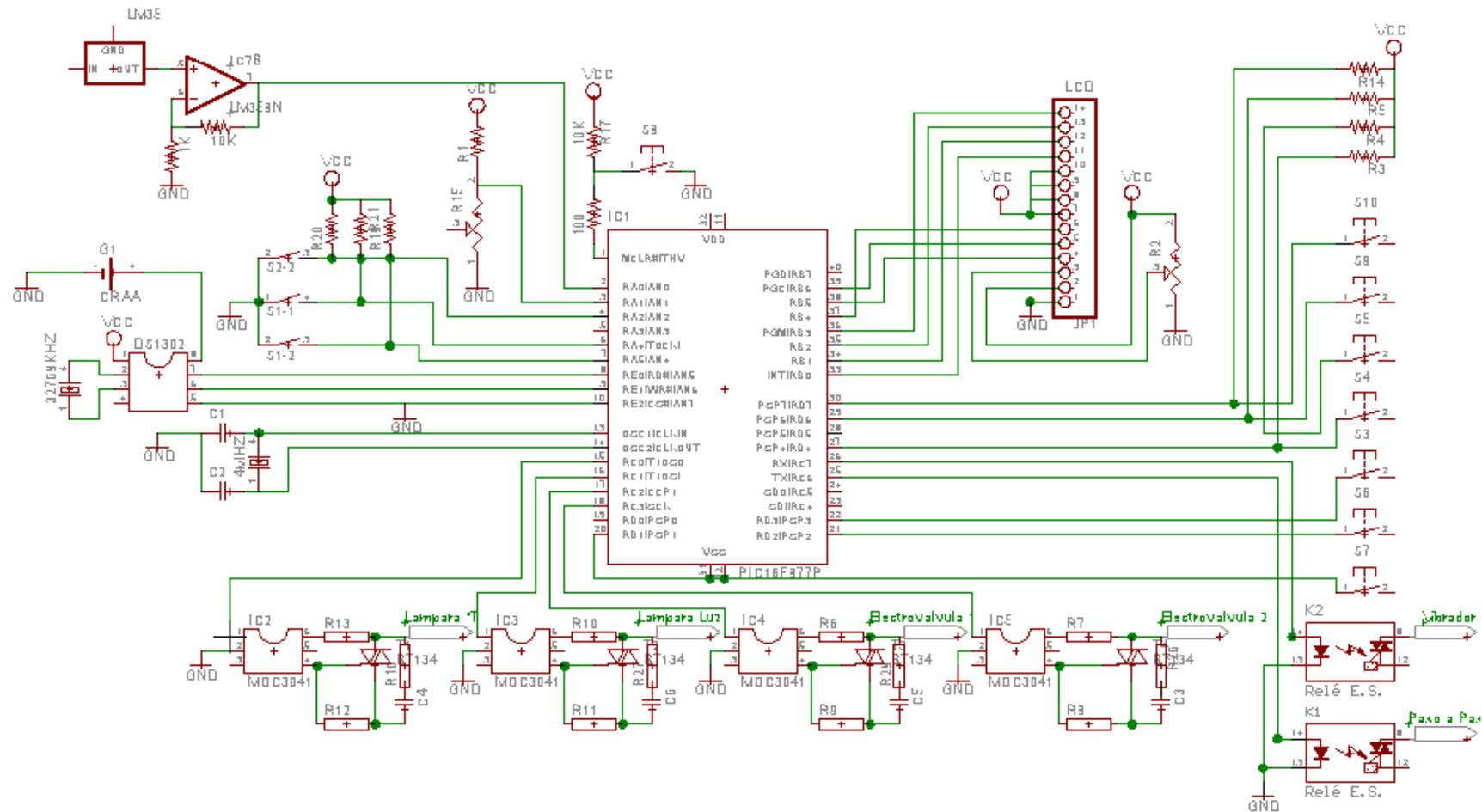


Figura 4.11. Esquema electrónico del controlador de la jaula



Fuente: Sistema de control para jaula automatizada

Figura 4.12 Despliegue LCD



Figura 4.13 Control de la jaula



4.8 CONSUMO DE POTENCIA

Tabla 1.

Dispositivo	Cantidad	Potencia	Horas diarias	Consumo Wh/mes
Electrovalvula	2	5.18W	0.033	10.2564
Motor Paso a Paso	1	3.7W	0.004	0.444
Motor DC	1	0.75W	1	22.5
Lámpara	1	75W	3	6750
Bombillo	1	100W	4	12000
Total				18.7832 KWh/mes

5. CONCLUSIONES

La temperatura es una variable de vital importancia en el desarrollo de animales dedicados a la explotación comercial. En este trabajo se consiguió mantener en 32°C la temperatura en el nido de la jaula y así disminuir la mortalidad en gazapos.

El periodo de tiempo durante el cual los conejos estén expuestos a la luz influye en su reproducción; el control garantiza la luminosidad durante 16 horas, mejorando así los niveles reproductivos.

Proporcionar a los conejos una buena alimentación, además de mantener un horario estricto en su suministro ayuda en su conversión alimenticia. El control garantiza suministro de alimento a la hora definida por el usuario y de agua reposada en forma permanente.

El control de aseo proporciona un ambiente sano para los animales previniendo de esta manera que contraigan enfermedades que afecten su desarrollo e incluso que los lleven a la muerte.

Se construyó una jaula automatizada para conejos, que mejora las condiciones de desarrollo de los animales y minimiza el trabajo del encargado de su cuidado.

Con este trabajo se reforzó el conocimiento adquirido en el transcurso de la carrera de Ingeniería Física.

El diseño e implementación se realizó para una jaula siendo posible la implementación en galpones que cuentan con varias jaulas.

El consumo de potencia del control total es bajo lo cual lo hace rentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] ENCICLOPEDIA AGROPECUARIA TERRANOVA: PRODUCCIÓN PECUARIA; Tomo IV; Terranova editores, Ltda; Santafé de Bogotá, D.C., Colombia 1995. P 244-258.
- [2] TÉLLEZ Iregui, Gonzalo; Sistema de Producción Pecuaria; Facultad de Ciencias Agrarias; Ed. Mc Graw Hill; Bogota, Colombia 1990.
- [3] USATEGUE, José M. Angulo, MARTINES, Ignacio Ignacio Angulo (1999). Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones, primera parte. Mc Graw Hill.
- [4] Microcontroladores PIC Diseño Práctico de aplicaciones, segunda parte. Mc Graw Hill.
- [5] OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderno, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1998, P 212 – 214.
- [6] NATIONALSEMICONDUCTORS, LM35 Precision Centigrade Temperature Sensor.(NSC07013.PDF) enero 2002
LM358 Low Power Dual Operational Amplifiers (NSC05820.PDF) enero 2002
- [7] DIAZ TAPIA Nelson. Transferencia de calor [online]. Disponible en Internet: www.monografias.com/trabajos15/transf-calor.shtml
- [8] KILLAM Linda Hermans, DAOU Doris. Como viaja el calor [online]. Disponible en Internet: http://www.spitzer.caltech.edu/espanol/edu/thermal/transfer_sp13oct01.html

[9] MARTIN Daniel C [online]. Disponible en Internet: <http://www.x-robotics.com/motorizacion.htm#SERVOS>

[10] PHILIPS SEMICONDUCTORS BT134
<http://www.chipcatalog.com/Datasheet/1A3280CE8B99CF25B19E783FD73488A0.htm>

[11] DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIN DS1302 Trickle-Charge
Timekeeping Chip
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS1302.pdf>

[12] MOTOROLA SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA MOC 3041
<http://www.web-ee.com/Electronic-Projects/data/moc3041.pdf>

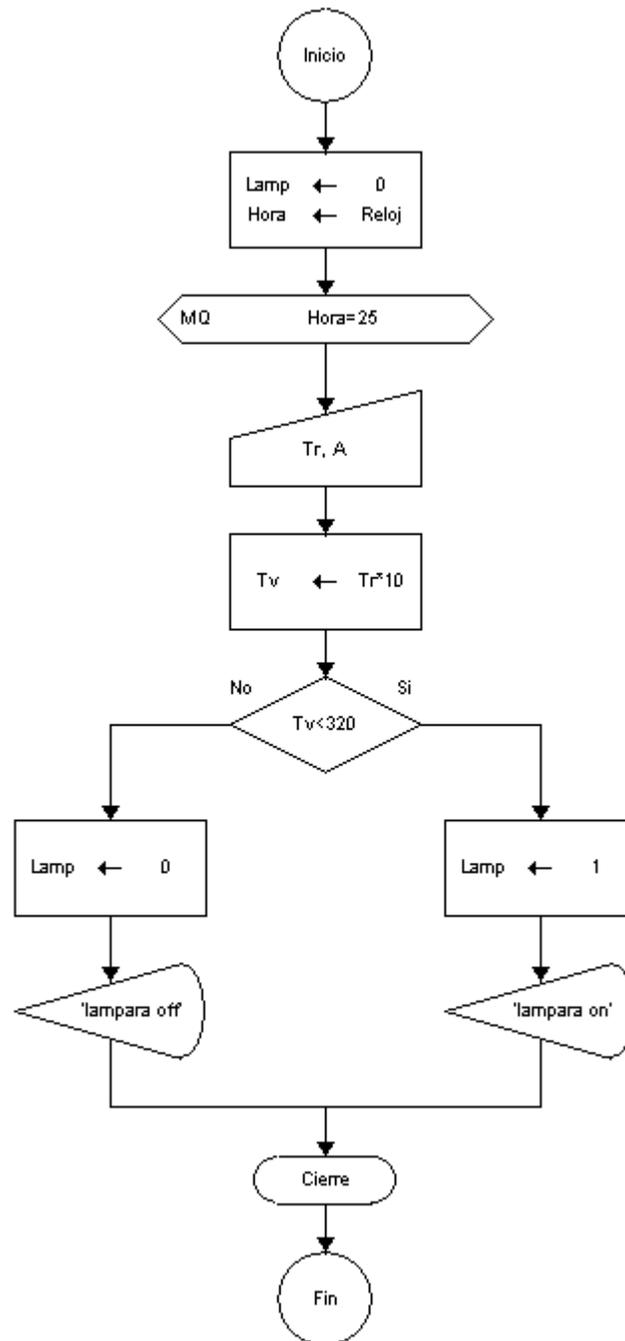
[13] <http://es.wikipedia.org/wiki/Luminosidad>

[14] www.microchip.com/

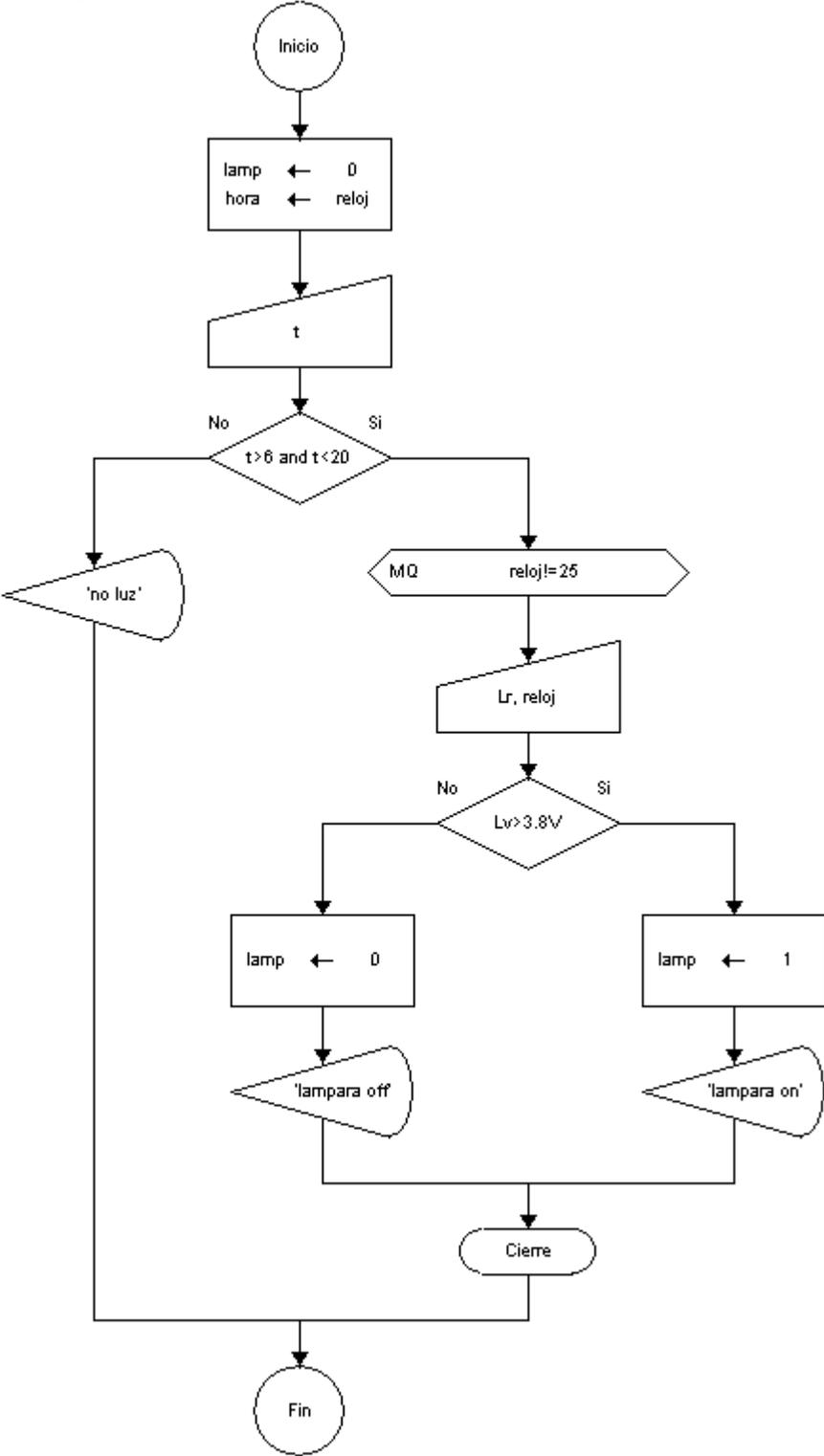
[15] www.hitech.com

ANEXOS

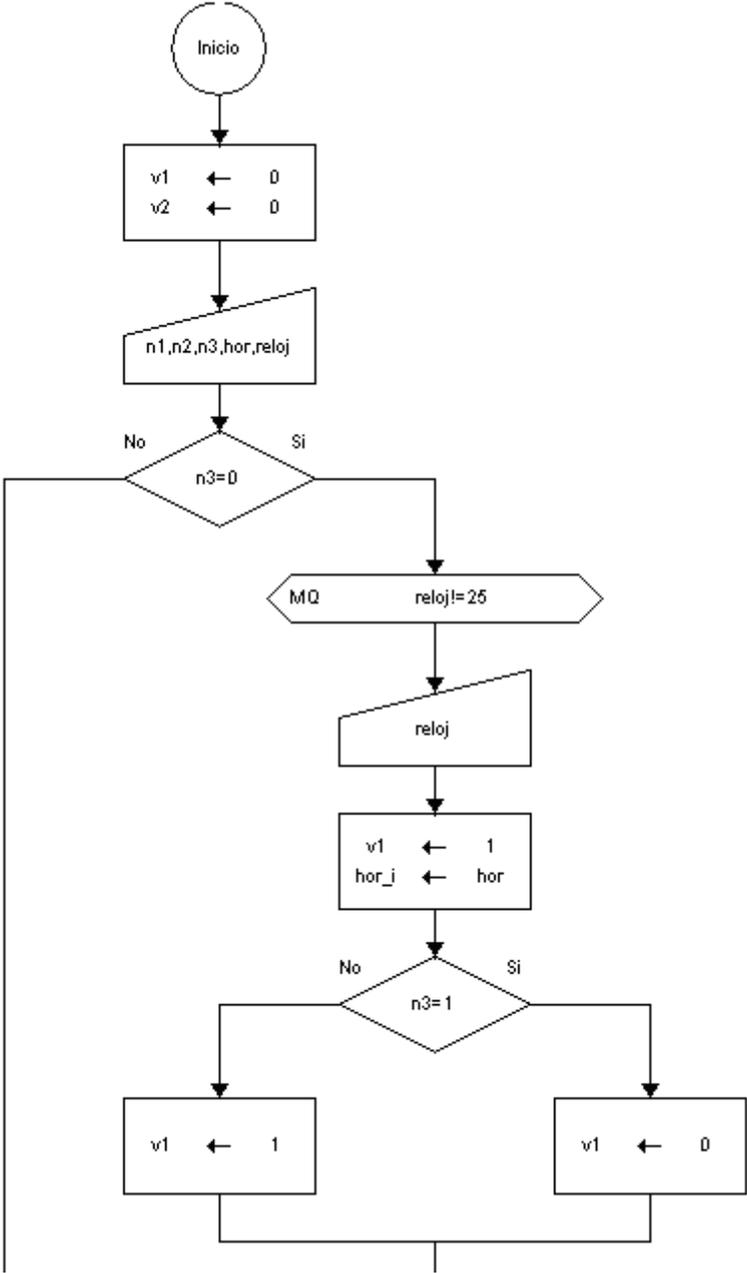
Anexo A. Diagrama de flujo del control de temperatura

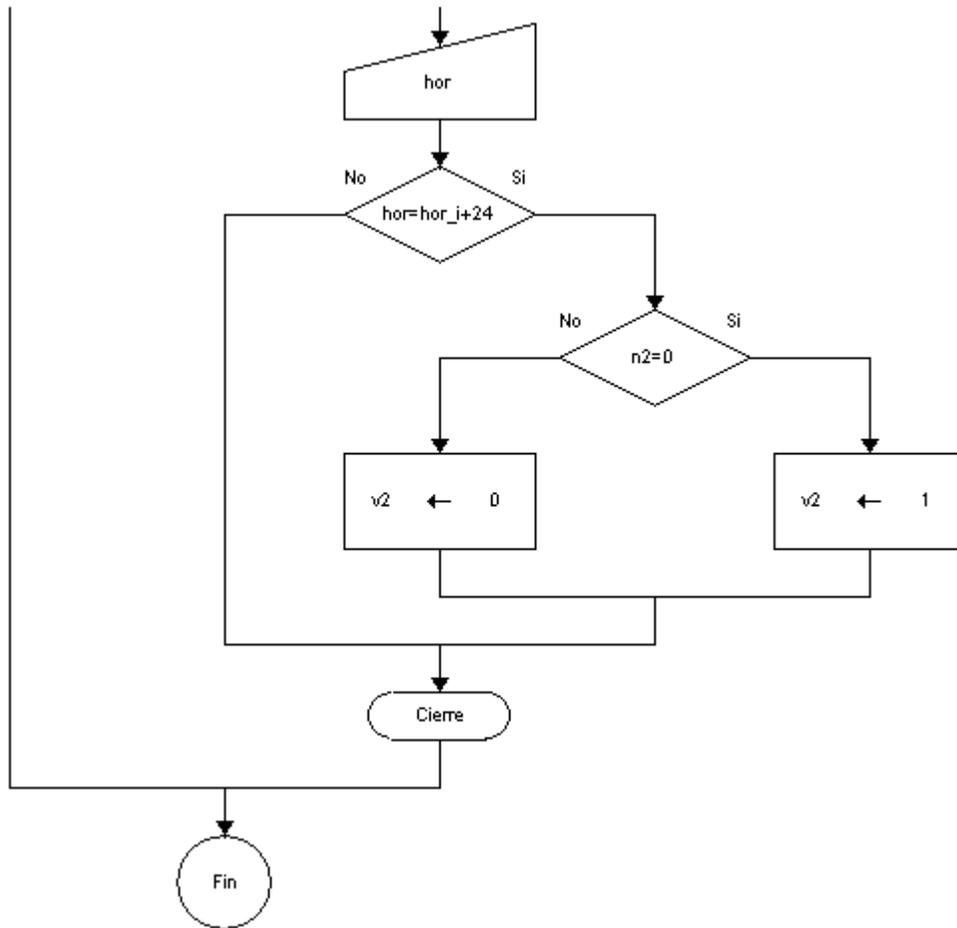


Anexo B. Diagrama de flujo del control de luminosidad

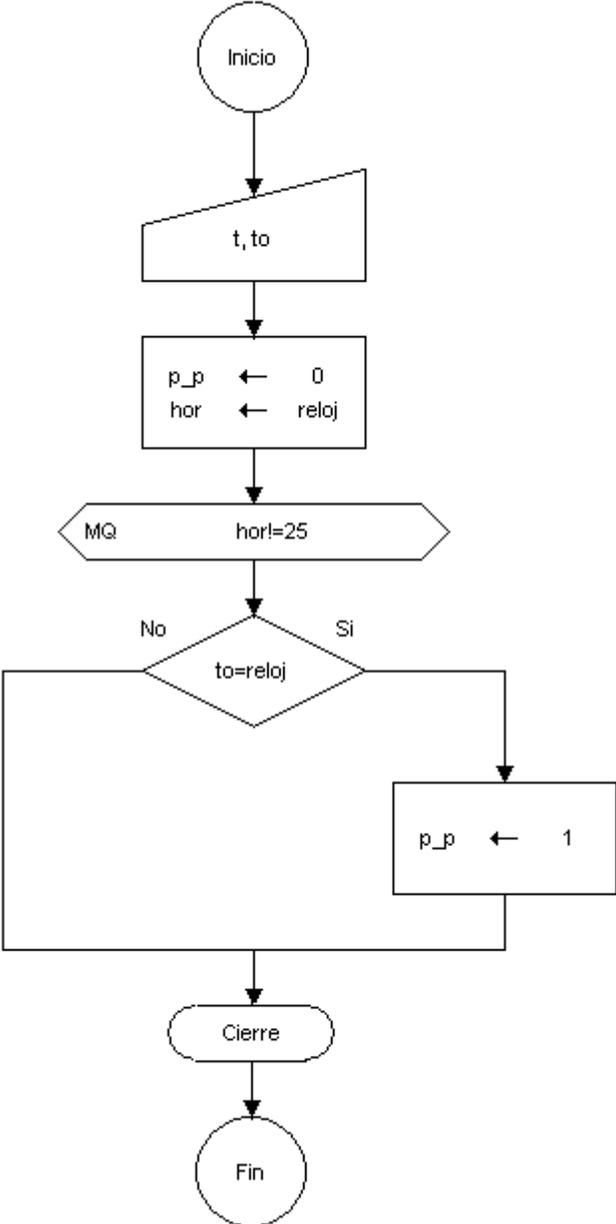


Anexo C. Diagrama de flujo del control de nivel de agua





Anexo D. Diagrama de flujo del control de suministro de alimento



Anexo E. Diagrama de flujo del control de aseo

