



INGENIARÍA EN ELECTRÓNICA

RESIDENCIA PROFECIONAL

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
DE CONTROL AUTOMÁTICO EN EL PROTOTIPO
DE UN SISTEMA DE LOMBRICOMPOSTAJE
VERTICAL HEXAGONAL

ASESOR

M. EN C. FRANCISCO RONAY LOPEZ ESTRADA

RESIDENTES

ESPINOSA JIMÉNEZ MARCOS WILLIAM

GUILLEN CRUZ VÍCTOR HUGO

INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES	3
1.2 ESTADO DEL ARTE	4
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS	6
1.5 JUSTIFICACION	7

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1 LOMBRICULTURA	8
2.1.1 VENTAJAS DE LA LOMBRICULTURA.....	9
2.1.2 ENTORNO Y CONSIDERACIONES BASICAS	11
2.1.3 MANEJO DE SUSTRATOS	12
2.1.4 ALIMENTACION DE CAMAS	14
2.1.5 MANEJO DE CAMAS.....	15
2.1.6 COSECHA DE LOMBRICES Y HUMUS.....	15
2.1.7 LOMBRICOMPOSTA	16
2.2 LOMBRIZ CALIFORNIANA; EISENIA FOETIDA	18
2.2.1 PREPARACION DE LOMBRICES	21
2.3 DISPOSITIVOS ELECTRONICOS	23
2.3.1 ARDUINO	25
2.3.2 ARDUINO UNO	27
2.3.3 MICROCONTROLADOR ATMEGA 328.....	32
2.3.4 SENSORES	33
2.3.4.1 HUMEDAD SUELO	33
2.3.4.2 TEMPERATURA	33

CAPITULO 3 METODOLOGIA

3.1 INTRODUCCION.....	35
3.1.1 PROGRAMA DE ACTIVIDADES	36
3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE LOMBRICOMPOSTAJE VERTICAL HEXAGONAL	38
3.2.1 SOPORTE HEXAGONAL INICIAL (PRIMER PISO).....	38
3.2.2 SOPORTE VERTICAL ENTRE PRIMER Y SEGUNDO PISO, SEGUNDO Y TERCER PISO, Y TERCERO Y ULTIMO PISO.	39

3.2.3 SOPORTE HEXAGONAL ENTRE PRIMER Y SEGUNDO PISO, Y SEGUNDO Y TERCER PISO.	39
3.2.4 SOPORTE HEXAGONAL (PISO FINAL).....	40
3.2.5 TARAS	41
3.2.6 SOPORTE DE TARAS	42
3.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO	43
3.3.1 ESTRUCTURA HIDRAULICA DE UNA CARA DEL HEXAGONO.....	43
3.3.2 SEXTA CARA DEL SISTEMA DE RIEGO HEXAGONAL.....	43
3.3.3 TAMBOPLAS	45
3.4 CIRCUITOS.....	46
3.4.1 DISEÑO DEL SENSOR DE HUMEDAD.....	49
3.5 SISTEMA DE CULTIVO DE LOMBRICES.....	51
3.5.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CULTIVO DE LOMBRICES	51
3.5.2 SENSADO DEL SISTEMA DE CULTIVO POR LABVIEW	52
3.5.3 SENSADO EN LABVIEW.....	52
3.5.4 PANEL DE CONTROL LABVIEW.....	53
3.5.5 BLOQUE DE DIAGRAMA LABVIEW.....	54
3.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE ARDUINO PARA AUTOMATIZACION.....	55
3.7 COTIZACION Y PRESUPUESTO	59
CAPITULO 4 RESULTADOS	61
CAPITULO 3 CONCLUSIONES	63
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
APENDICE	
ANEXOS	

CAPITULO 1 INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

La lombricultura es una actividad centrada en la crianza masiva de lombrices domesticas, las que posteriormente se utilizan con diversos fines, uno de los cuales es obtener abono solido y liquido con un alto contenido de nutrientes de calidad, aprovechando para ello los residuos o desechos orgánicos animales y vegetales. Esto es el reciclado de basura: come basura y excreta humus. Transforma un grave problema en el más rico fertilizante orgánico.

Tradicionalmente se ha asociado el aspecto comercial de la lombriz con el negocio de la pesca. Sin embargo, ésta es tal vez la menor de sus aplicaciones.

La carne de la lombriz se transforma, mediante distintos sistemas de secado, en una harina de altísimo valor proteico. Esta harina se utiliza en la alimentación animal, se emplea para preparar alimentos balanceados. Actualmente, esta harina debidamente procesada por importantes laboratorios internacionales, se está aplicando en suplementos dietarios de uso humano.

La importancia de la lombricultura radica en la producción de abono natural libre de contaminantes, en la reducción relativa de los problemas de contaminación, al aprovechar los desechos orgánicos como sustrato: por contribuir a la autosuficiencia de los productos agrícolas, al lograr incrementos sustanciales en los rendimientos: así como por ser una fuente alterna de ingresos, es decir, con el proceso se consigue convertir un grave problema en un producto de elevada demanda en la actualidad.

El extraordinario interés que ha suscitado el tema de las lombrices de tierra, se debe a que estos invertebrados son unos formidables transformadores de residuos orgánicos (agrícolas, industriales y domésticos) ya que al procesarlos en un aparato digestivo les confiere propiedades

nutrimentales de alta calidad para fertilización de los suelos.

La importancia de la cría de lombriz californiana reside en el aprovechamiento de su carne por el alto contenido proteico así como en sus propiedades para reciclar los desechos orgánicos y finalmente convertirlos en lombricomposta que contiene muchas propiedades favorables tales como la reparación de suelos, acondicionamiento de tierra para diferentes cultivos y fertilizantes para todo tipo de siembras.

1.2 Estado del arte

En Chiapas la agricultura convencional o moderna es un sistema de manejo agrícola que se basa en el uso intensivo de insumos. Maquinaria y de energía fósil. Esta producción ha demostrado al paso del tiempo su agresividad sobre los agrosistemas y alta destrucción del ambiente a través de la contaminación con el uso indiscriminado de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas, fitorreguladores, nematocidas, entre otros) los cuales se acumulan en los mantos freáticos, suelo agua y atmosfera representando una amenaza para la vida por su alta toxicidad.

Ante el riesgo de seguir degradando mas los recursos naturales que son la base para garantizar el abasto de alimentos es necesario intensificar las alternativas de producción a largo plazo sin el peligro constante de su destrucción a esta forma de producción se le ha identificado como agricultura orgánica sostenible o sustentable.

La reunión organizada por parte del Enlace Sur-Sur y el Grupo de Apoyo del Programa de Campesino a Campesino tuvo los objetivos de mejorar la comunicación entre organizaciones campesinas en la búsqueda de prácticas alternativas en el estado de Chiapas.

1.3 Planteamiento del problema

Chiapas es un estado agropecuario en el que se encuentran diversos climas, sin embargo la producción de la mayoría de los cultivos y en particular la que se refiere a granos básicos se encuentran muy por debajo de las medias de producción en comparación con otros estados del norte del país.

Parte de esa problema tica obedece al uso irracional que los productores le han dado al recurso suelo, ya que con las practicas tradicionales de roza, tumba, quema y las aplicaciones de grandes cantidades de agroquímicos han deteriorado la calidad de suelo.

La utilización de vermicomposta para la recuperación de la fertilidad del suelo con técnicas de lombricultura aprovechando los desechos orgánicos para producir abonos de alta calidad dejando a tras las practicas tradicionales que solo dañaban el suelo.

Utilizar las técnicas convencionales de cría de lombriz implica la utilización de grandes cantidades de terreno, ya que las camas contenedoras se extienden horizontalmente, abarcando mucha área y limitando nuestra producción si no se cuenta con grandes extensiones para instalar estas camas.

Un problema presente en la cría de lombriz se presenta al momento de su cosecha, al no existir método que sean rápidos y controlados se utilizan trampas que consisten en dejar de alimentar a la lombriz por 2 o 3 días, al sufrir de hambre la lombriz al tercer día se coloca encima de la cama un poco de alimento aislado donde al paso de las horas las lombrices se acumularan en donde se haya colocado el alimento. Este método causa estrés en las lombrices, aparte de ser lento y por aparte muchas veces no todas las lombrices se acercan al alimento, esto provocaría que si queremos separar la vermicomposta podamos sustraer un numero alto de la población de las lombrices. Las características para un medio adecuado en el que crezcan las lombrices son las siguientes:

1. La temperatura debe estar entre 18 a 25 grados centígrados que es aproximadamente la temperatura del ambiente común.

2. La humedad debe estar entre 70 a 80 por ciento. La lombriz respira por la piel y si hay mucha humedad se ahoga. La humedad se mide sacando un puñado del material y observando que al apretarlo se suda un poco de agua entre los dedos.

3. Nosotros controlamos la temperatura y la humedad. Pero las lombrices nos indican si el PH (o sea la acidez del sustrato) es adecuado. Esto se prueba echando cinco lombrices en el sustrato. Si se sumergen y si dentro de una hora no salen a la superficie, significa que sí les gustó la acidez. Cuando el PH no es adecuado saldrán a la superficie. Debemos cuidar que entre los desperdicios no tengan mucha cal o cenizas para que el PH no sea elevado.

1.4 Objetivos

Objetivo general:

Diseñar y construir un prototipo de sistema de lombricompostaje vertical hexagonal para el cultivo de lombrices e implementar un sistema de control automatizado.

Objetivos particulares:

- Diseño de un sistema de lombricompostaje vertical hexagonal
- Construcción de un sistema de lombricompostaje vertical hexagonal
- Implementación de los sensores de temperatura y humedad de suelo.
- Diseño del control automático de la torre.
- Diseño de método para cosecha de lombriz.
- Pruebas

1.5 Justificación

Actualmente en el lombricompostaje se utilizan grandes espacios de terrenos; el proyecto pretende reducir drásticamente la cantidad de espacio utilizado para el lombricompostaje y aumentar la cantidad de cultivo de lombrices como de Humus, mediante sistemas de lombricompostaje vertical hexagonal, al ocupar la automatización podemos abarcar mayor cantidad de lombrices en relación al trabajo que realizan los productores, pues automatizado el sistema entonces solo se ocuparía tiempo en remover y cultivar lombrices y el humus.

Al trabajar en áreas reducidas podremos tener un control de las variables presentes en la cría de la lombriz, implementando un sistema capas de automatizarse.

Con el uso de métodos de automatización podremos tener dos modos de manejo, ya sea manual o automática, el modo manual sería para poder modificar el funcionamiento de alguna de las camas de la torre de modo aislado y el modo automatizado que respondería mediante los sensores y un microcontrolador.

Este prototipo de crianza de lombriz sentara las bases para un nuevo modelo de cultivo de lombrices en los cuales se pretende optimizar el espacio o para poder implementar lombricultura en lugares donde no se cuenta con el terreno que exigiría la practica de esta actividad.

CAPITULO 2 MARCO TEÓRICO

2.1 Lombricultura

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento por medio de estas de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas.

Es una tecnología basada en la cría intensiva de lombrices para la producción de humus a partir de sustrato orgánico. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje en el que el material orgánico además de ser atacado por microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

La técnica de lombricompostaje puede aplicarse prácticamente en cualquier residuo orgánico abundante, disponible y desperdiciado. Los beneficios de esta técnica con respecto a otras técnicas de compostaje, es que se aprovechan las cualidades y trabajo de las lombrices para realizar una transformación de grandes cantidades de desechos orgánicos en poco tiempo y obtener en corto tiempo volúmenes altos de abono orgánico, el cual puede ser aplicado libremente al suelo.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje. El resultado son dos productos de alta calidad; el humus y las lombrices.

La lombricultura tiene buenas perspectivas ya que es un negocio de producción diversificada que puede generar

excelentes ingresos económicos provenientes de la comercialización de la lombriz y el vermicompost.

La lombricultura se practica actualmente con variados propósitos. Por una parte esta la que llamamos lombricultura doméstica practicada por personas con alto sentido de la ecología para reciclar sus residuos domésticos de cocina y jardín.

Por otra parte la lombricultura ofrece una buena alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos contaminantes tales como restos de cosechas, desperdicios de restaurantes, estiércoles, residuos industriales de origen orgánico, etcétera.

2.1.1 Ventajas de la lombricultura

- El origen de la cría intensiva de lombrices rojas californianas se dio a partir de los años 50 en California (EEUU). Hasta hoy es la especie más cultivada en el mundo entero dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales (pH, temperatura, humedad), potencial reproductor y capacidad de apiñamiento.
- Existe una gran demanda de lombrices y humus de lombriz en Europa, mientras que los mercados potenciales para la exportación son pocos entre ellos África, Arabia y Asia.
- La cría de lombrices no requiere grandes inversiones, espacios, infraestructura ni tiempo.
- Quienes practican la lombricultura directa o indirectamente, están ayudando a mejorar la calidad de los suelos de nuestro planeta de manera natural y económica, aportando a la reposición del humus, elemento indispensable para la vida vegetal.

A través del humus de lombriz se restauran tierras que han sido devastadas por la erosión continua producida por ciertas

explotaciones agrícolas, el uso continuo de fertilizantes artificiales, y muchos otros factores degradantes.

- Un suelo sano con ayuda de las lombrices, provee a la ganadería de proteínas de alta calidad y bajo costo.
- Para un productor agropecuario, la cría de lombrices puede ser doblemente benéfico, por un lado la lombrices se harán cargo de los desechos orgánicos de sus animales y hasta los transformarán en humus, por lo que también puede dedicarse a la venta de lombrices y humus.
- Si su actividad está orientada a la horticultura o floricultura, puede utilizar el humus para fertilizar sus tierras.
- El humus se puede vender en viveros y a los campos donde se practica deportes como golf, fútbol, etc.
- La harina de lombriz contiene del 60 al 80% de proteína cruda que le ubica como uno de los alimentos de mayor calidad que se pueda encontrar en la naturaleza. Sus propiedades se pueden utilizar para producir carne de altísima calidad y a muy bajo costo; con una rentabilidad y productividad no alcanzada jamás por otra actividad destinada a la obtención de carne.
- La carne de lombriz se puede utilizar en forma cruda y directa como cebo para peces, como complemento proteico para aves, peces, ranas, cerdos.
- Por sus propiedades, existen alternativas que ofrece a la lombriz roja para la alimentación humana.
- De la lombriz se pueden obtener otros productos base para la industria farmacéutica. A partir del líquido celomático, se han producido antibióticos para uso humano.
- Características como el no sangrar al producirse un corte de su cuerpo y ser totalmente inmune al medio contaminado en el cual vive, como la elevada capacidad de regeneración de sus tejidos, son motivos de investigación para la aplicación en el ser humano.

2.1.2 Entorno y consideraciones básicas

El lugar para la ubicación de las cunas debe reunir algunas condiciones indispensables para facilitar el trabajo:

- Que tenga disponibilidad de agua.
- En lo preferible zona suburbana.
- De fácil acceso
- Que se encuentre cerca los lugares donde extraer los alimentos.
- La superficie que sea plana, con ligera pendiente. Para drenar bien en épocas de lluvia.
- Otro aspecto a tener en cuenta es la medida de las pilas a fin de que la temperatura, humedad y aireación pueda ser manejado con mayor facilidad.
- Una medida estándar sería de 1.50 mts de ancho por 0.50 mts de alto con un largo a determinar.

En cuanto al alimento.

- Siempre hay que compostar.
- Las condiciones del alimento se puede medir al ojo de la experiencia.
- Estar disponibles en la región en cantidad y constancia.

Presentar bajo costo de adquisición.

Una vez elegido el lugar, se procede de la siguiente manera.

- Se coloca primero una capa de 10 cm de alto de pasto seco, paja, viruta de madera, etc., luego se agrega el material a compostar en capas de 30 cm de alto aproximadamente y se intercala una capa de estiércol (de ave o cama de pollo, ganado, chivo o de cualquier otro animal) seguido de un espolvoreo de cal o yeso (mantendrá el PH en la neutralidad) agregar mas M.O. hasta lograr la altura y ancho deseado.
- El material seco colocado en la base de la pila absorberá, retendrá el nitrógeno que puede escurrir desde la parte superior como también servirá de refugio a las lombrices cuando por algún motivo rechacen el alimento por falta de condiciones favorables. Además

cuando mezclamos o removemos el material superior se introduce en el inferior y este último en la superficie.

- Removiendo la pila varias veces aceleramos la descomposición debido a una mayor aireación.
- Conviene una vez terminada la pila taparla con nylon negro perforándolo o puede ser con paja, pasto seco, etc.

Luego las tareas consistirán en el control de temperatura, PH, humedad aireación a fin de que los procesos de descomposición se produzcan.

2.1.3 Manejo de sustrato

El manejo de estiércol o sustrato es el elemento de mayor importancia dentro del cultivo de lombrices puesto que si nosotros entregamos estabilizado o maduro el estiércol a las lombrices estaremos asegurando que nuestro pie de cría se reproduzca aceleradamente y en poco tiempo lo habremos multiplicado para aumentar nuestra área.

En el manejo de estiércol o sustrato tenemos que tener en cuenta 3 factores muy importantes:

- Humedad
- Temperatura
- PH (ácidos , alcalinidad)

Humedad

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundidad de las capsulas o cocones. Una humedad superior al 85% es muy dañina para las lombrices haciendo que estas entren en un periodo de dormición en donde se afecta la producción de lombrihumus y la reproducción de biomasa.

Las condiciones mas favorables para que la lombriz produzca y se reproduzca se presentan en la humedad del 80% es aceptable hasta 70% debajo de 70% de humedad es una condición

desfavorable por otro lado niveles de humedad de 5% son mortales para las lombrices.

Temperatura

La temperatura es otro de los factores que influye en la reproducción, producción (lombrihumus) y fecundidad de las capsulas. Una temperatura entre 20^a 25 grados centígrados es considerada optima que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices.

Cuando la temperatura desciende de los 20 grados centígrados hasta 15 grados centígrados las lombrices entran en un periodo de latencia dejando de reproducirse, crecer, y producir lombrihumus. Además que alarga el ciclo evolutivo puesto que los cocones no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones hasta que se presentan las condiciones del medio favorable sucediendo lo mismo con la lombriz joven pasa mas tiempo en este periodo puesto que ahí soporta mas tiempo las adversidades del tiempo.

PH

El PH mide lo alcalino o acido del sustrato. El PH es un factor que depende de la humedad y temperatura. Si estos dos últimos factores son manejados adecuadamente podremos controlar el PH siempre y cuando el sustrato contenga PH alcalinos. La lombriz acepta sustratos con PH de 5 a 8.4 disminuidos o pasados de esta escala la lombriz entra en una etapa de dormición. Con PH acido el sustrato se desarrolla una plaga conocida en el mundo de la lombricultura como planaria.

Para comenzar a fermentar aeróbicamente es necesario que el sustrato este fresco, se comienza dando vueltas 1 o 2 veces al día y regándole agua (80% de humedad) para evitar que el sustrato se caliente y propiciar que se multipliquen bacterias aeróbicas que comienzan a degradar el sustrato. Además el volteo facilita que escapen gases que hacen que el sustrato se encuentre alcalino, este trabajo se hace hasta que el sustrato este maduro.

Los materiales que no pueden digerir las lombrices son:

- Metales
- Plástico
- Goma
- Vidrio

2.1.4 Alimentación de camas

Antes de poner a las lombrices en contacto directo con el alimento a las camas debemos asegurarnos que la fermentación del material se haya ultimado para lo cual se procede a realizar una prueba, esta prueba garantiza la supervivencia y se llama comúnmente prueba de las 50 lombrices.

Para realizar la prueba se procede a colocar en una caja de madera (dimensiones de 30x30x15 cm) suficiente cantidad del alimento preparado asta tener un grosor de 10 cm, luego se colocan 50 lombrices pudiendo ser adultas y jóvenes en una sola bola, colocándose en el centro de la caja.

Posteriormente se riega con cuidado y adecuadamente pero sin encharcar. Las lombrices se introducen solas y trataran de descubrir si el nuevo ambiente es adecuado para garantizar primero su permanencia y después su acción productiva. Pasadas 24 horas hay que verificar si las 50 lombrices se encuentran en condiciones óptimas de salud, es aceptable encontrar 48 lombrices vivas por que puede que mueran 2 en el trasiego o por haber cumplido los 16 años de vida. Si mueren más de 2 quiere decir que el alimento no reúne aun las condiciones adecuadas y hay que proceder a unificar las oportunas correcciones. Por el contrario si todas las lombrices están vivas o al menos 48 y se han distribuido en el medio, el alimento ha sido correctamente preparado y se puede proceder ala inoculación de las lombrices en el alimento.

2.1.5 Manejo de camas

El manejo de camas consiste en principio de alimentar, proporcionar agua y proteger a las lombrices.

Una vez que las camas están inoculadas con lombrices pasara un tiempo de 7 a 15 días para que las lombrices consuman el sustrato dependiendo de la cantidad de alimento, densidad de población. Cuando el sustrato esta consumido se observaran gránulos pequeños siendo esta la característica principal de que el lecho no tiene comida, teniendo la necesidad de agregar más sustrato.

Como parte de l manejo de camas se recomienda llevar periódicamente un registro con datos como: fechas de inoculación, frecuencia de alimentación, fechas de cosechas y hacia donde fue el pie de cris (venta o inocular otra cama). Problemas, población de lombrices producidas (kg) etc.

2.1.6 Cosecha de las lombrices y humus

Para la cosecha de lombrices es necesario que las camas estén llenas realizándose de la siguiente forma: se retrasa la alimentación por lo menos 4 días, luego se ofrece alimento en una cantidad normal, la lombriz se concentra en la superficie, esto sucede 2 o 3 días después de haber puesto el alimento en capa de 10 cm. Una vez poblada la superficie se procede a retirarla manualmente introduciendo los dedos de la mano y retirando el sustrato. Este procedimiento se repite de 2 veces más para sustraer el 98% de la población de las lombrices.

Una vez cosechada las lombrices se procede a retirar el lombrihumus con carretillas y no se usa al instante, se puede almacenar en sacos que tengan aireación y bajo sombra cuidando que la humedad no baje del 40% puesto que todavía hay actividad microbiana que es la que le da la calidad al lombrihumus como uno de los mejores fertilizantes orgánicos del mundo.

En la siguiente tabla se muestran los valores de la producción de lombricomposto siendo que el promedio sea una lombriz adulta de un gramo de peso que ingiere lo que pesa por día y excreta el 60% en forma de humus (0.6 gramos)

0 meses	A los 3 meses	A los 6 meses	A los 9 meses	A los 12 meses
Población inicial de lombrices	1ra generación	2da generación	3ra generación	4ta generación
1000	10000	100000	1000000	10000000
Lombrices 1 kg	10	100	1000	10000
Alimento 1 kg/día	10	100	1000	10000
Lombricomposto 0.6 kg/día	6	60	600	6000
Proteína 0.04 kg/día	0.4	4	40	400

2.1.7 Lombricomposta (lombrihumus)

Características

El humus de la lombriz esta compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrogeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos. Las cantidades de estos elementos dependerán de las características químicas del sustrato que dieron origen ala alimentación de las lombrices.

El lombrihumus cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos.

Propiedades químicas

- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fosforo y azufre fundamentalmente nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.

- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

Propiedades físicas

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos y ligosos de los suelos sueltos y arenosos por consiguiente mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

En lo que refiere a biología

- El lombrihumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones optimas para aireación, permeabilidad, PH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

Uso del vermicompost

El humus de lombriz como todo abono orgánico se usa en primavera y otoño. Se extiende sobre la superficie del terreno regando abundantemente para que la flora bacteriana se incorpore rápidamente en el suelo. Nunca se debe enterrar porque sus bacterias requieren oxígeno. Si se aplica en el momento de la plantación favorece el desarrollo radicular, por otra parte al hacer más esponjosa la tierra disminuye la frecuencia de riego. El humus de lombriz puede almacenar por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad, la óptima es de 40%. La cantidad que debe aplicarse varía según el tipo de planta y su tamaño.

2.2 Lombriz californiana; Eisenia foetida

Las lombrices rojas "californianas" fueron criadas intensivamente a partir de los años 50 en California (EEUU). Esta lombriz originaria de Eurasia es *Eisenia foetida*. Especie que en alguna literatura no científica se denomina "Rojo Híbrido", lo que dado lugar a no pocas confusiones ya que no se trata de un híbrido sino de una lombriz que al igual que el resto de sus parientes son el resultado de la selección natural. Al presente es la especie mas cultivada en el mundo entero, dada su rusticidad, tolerancia a los factores ambientales (pH. temperatura, humedad), potencial reproductor y capacidad de apiñamiento.

Conceptos generales, la lombriz roja californiana:

- Es de color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Nacen blanquecidas, son rosadas en estado juvenil y rojas cuando son adultas.
- Su cuerpo necesita estar permanentemente humedecido aunque vale consignar que no tolera el exceso de agua.
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 gramos.
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 4,5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año.
- Extraordinaria resistencia a las enfermedades
- Extremadamente prolifera.
- A los 3 o 4 meses madura sexualmente.
- Cada 10 días ponen un cocón capullo hecho con mucus endurecido color verde amarillo del que nacerán de 2 a 20 lombricitas entre los 14 y 21 días posteriores ala puesta.
- La lombriz californiana avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en uno mucho más fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales.
- Duplican la población cada 45 días.
- Diariamente ingieren el equivalente de su peso y excretan el 60% de la comida en forma de

lombricompuesto.

- El cuerpo contiene un 64% y 82% de proteína de alta calidad.
- Respiran a través de la piel, son ciegas, la boca carece de dientes y el sistema olfativo es muy desarrollado.
- Los excrementos de la lombriz contienen:
 - 5 veces mas nitrógeno
 - 7 veces mas fosforo
 - 5 veces mas potasio
 - 2 veces mas calcioque el material orgánico que ingirieron

Las lombrices californianas pueden criarse en cualquier lugar del planeta que posea temperaturas que no superen los 40°C, y al menos, una temporada con temperaturas promedio inferiores, siendo los climas templados los ideales. Estas lombrices, de 14°C a 27°C alcanzan la máxima capacidad de reproducción, se reproducirán menos durante los meses mas cálidos y los mas fríos. Cuando la temperatura es inferior a 7°C, las lombrices no se reproducen, pero siguen produciendo abono, aunque en menor cantidad.

Las lombrices adultas pesan de 0,24 hasta 1,4 gramos, comiendo una ración diaria que tiende su propio peso, de la cual un 55% se traduce en abono, lo que hace muy interesante a la lombricultura, incluso si consideramos la carne de lombriz producida a partir de desperdicios.

Separarlas del lombricompuesto es un proceso muy sencillo. Solo hay que dejarlas uno o dos días sin alimento (no agregar alimento), y después poner alimento nuevo a un lado del lugar donde se encuentran. Las lombrices en busca de alimento irán a su nuevo lugar rápidamente (el 50% de las lombrices llegará en solo unas horas). Pero quedarán en el lombricompuesto los capullos y las pequeñas lombrices, para que lleguen a trasladarse las pequeñas lombrices y las que nacerán después es necesario esperar al menos 30 días. Si solo desea vender lombrices puede extraer una gran cantidad solo colocando alimento nuevo y extraerlo al cabo de unos días. De esa manera le quedaran capullos, pequeñas lombrices, y un porcentaje de adultos para continuar con la producción. La lombricultura es un negocio que está en expansión, y en un futuro será indispensable para

la subsistencia de los campos.

Actualmente, en Europa es mayor la demanda que la oferta tanto de lombrices como de humus de lombriz. No obstante, fuera del ámbito local, los mercados potencialmente mas interesantes para la exportación son África, Arabia y Asia.

La única forma de restituir la fertilidad de un campo que ha sido explotado con fertilizantes artificiales durante mucho tiempo es con HUMUS de lombriz. Un campo que ya no sirve para cultivos, puede producir aún mas de lo que producía en su mejor época, solo con la aplicación del único abono 100% orgánico (HUMUS de lombriz). También pueden criarse para la producción de abono para el hogar, pero en este caso, se tendrá un excedente de lombrices que, cada cierto tiempo deberá ser retirado, este excedente puede venderse, regalarse, o acumularse para obtener una mayor producción.

Actualmente la humanidad se encuentra en una disyuntiva, la producción intensiva de la ganadería se baso en una alimentación con alto contenido proteico de las aves, cerdos, vacas y conejos con productos que son necesarios para la alimentación humana, es decir, se hicieron competidores de la base alimenticia del hombre. Lo mas barato sigue siendo el uso de la proteína de pescado, pero los costos de producción de peces son altísimos.

La harina de lombriz contiene del 60 al 80% de proteína cruda que le ubica como uno de los alimentos de mayor calidad que se puedan encontrar en la naturaleza. Esta alternativa nos ofrece la oportunidad de producir carne de altísima calidad y a muy bajo costo; rentabilidad y productividad no alcanza jamás por otra actividad destinada ala obtención de carne.

La carne de lombriz puede ser utilizada en la alimentación animal en forma cruda y directa o en la elaboración de harina de carne de lombriz para ser mezclada con otros productos y producir concentrados de excelente calidad. Actualmente existen algunos ejemplos que nos hablan de las alternativas que ofrece la lombriz roja para la alimentación humana.

2.2.1 Preparación de lombrices.

La carne de lombriz tiene un alto contenido de proteína del 62-82% además tiene una buena composición de aminoácidos, contiene todos los aminoácidos esenciales, superando a la harina de pescado y soya. La harina de lombrices ha sido utilizada en ensayos de alimentación de peces, aves y otros animales domésticos. Incluso en la alimentación humana. También se han desarrollado experimentos en la alimentación de cerdos, observándose una mejor conversión alimenticia que los alimentos en forma tradicional.

La ventaja de la proteína de la lombriz es que se sintetiza a partir de desechos orgánicos. No así las proteínas que son sintetizadas sobre la base de alimentos mucho más costosos. Experiencias propias pueden decir que suplementando gallinas de patio con tres lombrices diarias se logra un aumento significativo en la producción de huevos.

2.3 Dispositivos electrónicos

2.3.1 Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (opensource) basada en hardware y software fáciles de usar. Está pensado para artistas, diseñadores, como hobby y para cualquiera interesado en crear objetos o entornos interactivos. Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede afectar a su alrededor mediante el control de luces, motores y otros artefactos.

El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language (basado en Wiring1) y el Arduino Development Environment (basado en Processing2). Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador. Las placas se pueden ensamblar a mano o encargarse preensambladas; el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarlas.

VENTAJAS

Precio: Las placas Arduino son relativamente baratas comparadas con otras plataformas microcontroladoras. La versión menos cara del módulo Arduino puede ser ensamblada a mano, e incluso los módulos de Arduino preensamblados cuestan menos de 50\$.

Multiplataforma: El software de Arduino se ejecuta en sistemas operativos Windows, Macintosh OSX y GNU/Linux. La mayoría de los sistemas microcontroladores están limitados a Windows.

Entorno de programación simple y clara: El entorno de programación de Arduino es fácil de usar para principiantes, pero suficientemente flexible para que usuarios avanzados puedan aprovecharlo también. Para profesores, está convenientemente basado en el entorno de programación Processing, de manera que estudiantes aprendiendo a programar en ese entorno estarán familiarizados con el aspecto y la imagen de Arduino.

Código abierto y software extensible: El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. De forma similar, puedes añadir código AVR-C directamente en tus programas Arduino si quieres.

Código abierto y hardware extensible: El Arduino está basado en microcontroladores ATMEGA8 y ATMEGA168 de Atmel. Los planos para los módulos están publicados bajo licencia Creative Commons, por lo que diseñadores experimentados de circuitos pueden hacer su propia versión del módulo, extendiéndolo y mejorándolo. Incluso usuarios relativamente inexpertos pueden construir la versión de la placa del módulo para entender como funciona y ahorrar dinero.

MODELOS

Arduino UNO: Esta es la placa Arduino más popular. Se conecta al ordenador con un cable estándar USB y contiene todo lo que necesitas para programar y usar la placa. Puede ser ampliada con variedad de dispositivos: placas hijas con características específicas.

Nano: Una placa compacta diseñada para uso como tabla de pruebas, el Nano se conecta al ordenador usando un cable USB Mini-B. Bluetooth: El Arduino BT contiene un modulo bluetooth que permite comunicación y programación sin cables. Es compatible con los dispositivos Arduino.

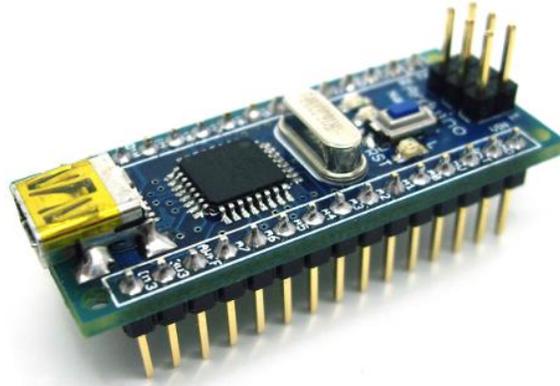


Figura 2.1

LilyPad: Diseñada para aplicaciones listas para llevar, esta placa puede ser conectada en fábrica, y un estilo sublime.

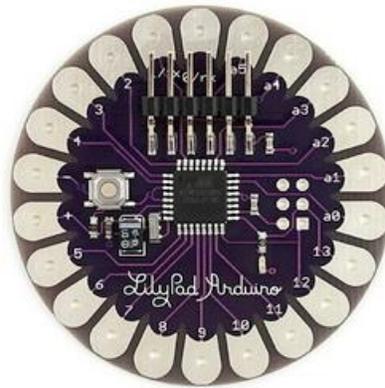


Figura 2.2

Mini: Esta es la placa más pequeña de Arduino. Trabaja bien en tabla de pruebas o para aplicaciones en las que prima el espacio. Se conecta al ordenador usando el cable Mini USB.

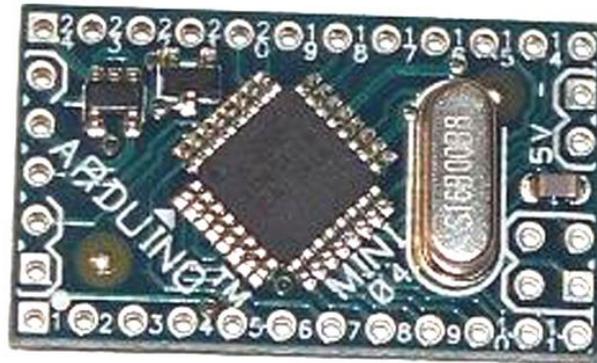


Figura 2.3

Serial: Es una placa básica que usa RS232 como un interfaz con el ordenador para programación y comunicación. Esta placa es fácil de ensamblar incluso como ejercicio de aprendizaje.

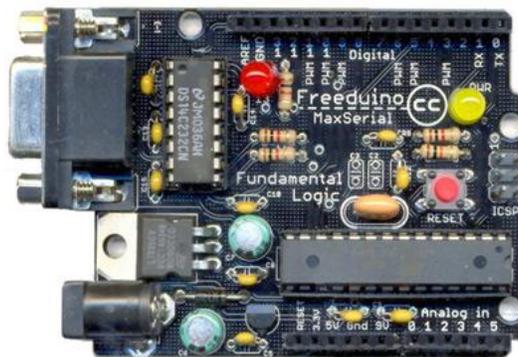


Figura 2.4

Serial Single Sided: Esta placa está diseñada para ser grabada y ensamblada a mano. Es ligeramente más grande que la Arduino UNO, pero aun compatible con los dispositivos.

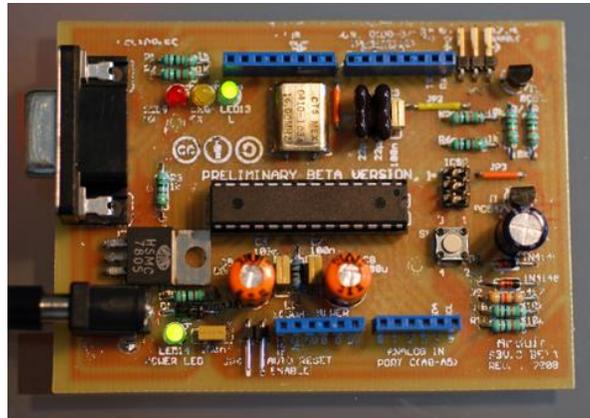


Figura 2.5

En este trabajo se opto por el uso del Arduino UNO ya que es el que mas se ajustan a las necesidades del proyecto, a continuación se analiza la configuración del dispositivo

2.3.2 ARDUINO UNO



Características técnicas de Arduino UNO.

- *Microcontrolador ATmega328
- *Voltaje de operación 5 V
- *Tensión de entrada (recomendada) 7 - 12 V
- *Tensión de entrada (límite) 6 - 20 V

- *Pines digitales de E/S 14 (de los cuales 6 proveen salidas PWM)
- *Pines de entrada analógicos 6
- *Corriente DC por pin E/S 40 mA
- *Corriente DC para pin 3.3 V 50 mA
- *Memoria Flash 32 KB de los cuales 512 bytes son utilizados por el bootloader
- *SRAM 2 KB
- *EEPROM 1 KB
- *Frecuencia de reloj 16 MHz

Alimentación

El Arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con un suministro de energía externo. La fuente de energía se selecciona mediante el jumper PWR_SEL: para alimentar a la placa desde la conexión USB, colocarlo en los dos pines más cercanos al conector USB, para un suministro de energía externo, en los dos pines más cercanos al conector de alimentación externa.

La alimentación externa (no USB) puede venir o desde un adaptador AC-a-DC o desde una batería. El adaptador puede ser conectado mediante un enchufe centro-positivo en el conector de alimentación de la placa. Los cables de la batería pueden insertarse en las cabeceras de los pines Gnd y Vin del conector POWER. Un regulador de bajo abandono proporciona eficiencia energética mejorada.

La placa puede operar con un suministro externo de 6 a 20 voltios. Si es suministrada con menos de 7 V, sin embargo, el pin de 5 V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa podría ser inestable. Si usa más de 12 V, el regulador de tensión puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son los siguientes:

VIN. La entrada de tensión a la placa Arduino cuando está usando una fuente de alimentación externa (al contrario de los 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Puedes suministrar tensión a través de este pin, o, si suministra tensión a través del conector de alimentación, acceder a él a través de este pin.

5V. El suministro regulado de energía usado para alimentar al microcontrolador y otros componentes de la placa. Este puede venir o desde VIN a través de un regulador en la placa, o ser suministrado por USB u otro suministro regulado de 5 V.

3V3. Un suministro de 3.3 V generado por el chip FTDI de la placa. La corriente máxima es de 50 mA.

GND. Pines de Tierra.

Memoria

El ATmega328 es un microcontrolador de la compañía Atmel que cuenta con 32KB de memoria flash, 2KB de memoria RAM y 1KB de memoria EEPROM (el doble de características del antiguo modelo el ATmega168).

Entradas y salidas

Cada uno de los 14 pines digitales del Arduino puede ser usado como entrada o salida, usando funciones `pinMode ()`, `digitalWrite ()` y `digitalRead ()`. Operan a 5 voltios. Cada pin puede proporcionar o recibir un máximo de 40 mA y tiene una resistencia interna pull-up (desconectada por defecto) de 20-50 KOhms. Además, algunos pines tienen funciones especiales:

Serial: 0 (Rx) y 1 (Tx). Usados para recibir (Rx) y transmitir (Tx) datos TTL en serie. Estos pines están conectados a los pines correspondientes del chip FTDI USB-a-TTL Serie.

Interruptores externos: 2 y 3. Estos pines pueden ser configurados para disparar un interruptor en un valor bajo, un margen creciente o decreciente, o un cambio de valor. Mirar la función `attachInterrupt ()`.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Proporcionan salida PWM de 8 bits con la función `analogWrite ()`.

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estos pines soportan comunicación SPI, la cual, aunque proporcionada por el hardware subyacente, no está actualmente incluida en el lenguaje Arduino.

LED: 13. Hay un LED empotrado conectado al pin digital 13. Cuando el pin está a valor HIGH, el LED está encendido, cuando el pin está a LOW, está apagado.

El Arduino tiene 6 entradas analógicas, cada una de las cuales proporciona 10 bits de resolución (por ejemplo 1024 valores diferentes). Por defecto miden 5 voltios desde tierra, aunque es posible cambiar el valor más alto de su rango usando el pin AREF y algún código de bajo nivel. Además, algunos pines tienen funcionalidad especializada:

I²C: 4 (SDA) y 5 (SCL). Soportan comunicación I²C (TWI) usando la librería Wire. Hay otro par de pines en la placa:

AREF. Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Usado con `analogReference()`.

Reset. Pone esta línea a LOW para resetear el microcontrolador. Típicamente usada para añadir un botón de reset a dispositivos que bloquean a la placa principal.

Comunicación

El Arduino tiene un número de infraestructuras para comunicarse con un ordenador, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega168 provee comunicación serie UART TTL (5 V), la cual está disponible en los pines digitales 0 (Rx) y 1 (Tx). Un FTDI FT232RL en la placa canaliza esta comunicación serie al USB y los drivers FTDI (incluidos con el software Arduino) proporcionan un puerto de comunicación virtual al software del ordenador. El software Arduino incluye un monitor serie que permite a datos de texto simple ser enviados a y desde la placa Arduino.

Una librería Software Serial 7 permite comunicación serie en cualquiera de los pines digitales del Arduino.

Programación

El Arduino puede ser programado con el software Arduino9.

El ATmega328 del Arduino viene con un bootloader pregrabado que te permite subirle nuevo código sin usar un programador

hardware externo. Se comunica usando el protocolo original STK500.

También puedes saltar el bootloader y programar el ATmega328 a través de la cabecera ICSP (In-Circuit Serial Programming).

Características físicas

La máxima longitud y anchura del PCB son 2.7 y 2.1 pulgadas respectivamente, con el conector USB y el conector de alimentación que se extienden más allá de las primeras dimensiones. Tres agujeros de tornillo permiten a la placa atornillarse a una superficie o caja.

Software

El software Arduino puede instalarse en un ordenador que ejecute cualquiera de los siguientes Sistemas Operativos: Windows, Mac OS X, GNU/Linux.

DESCARGAR EL ENTORNO ARDUINO.

Para programar la placa Arduino se necesita el entorno Arduino.

Descarga la última versión desde <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

Cuando termine la descarga, descomprimir el archivo descargado. Asegurarse de conservar la estructura de carpetas.

INSTALAR LOS DRIVERS USB.

Si se esta usando un Arduino USB, se necesita instalar los drivers para el chip FTDI de la placa. Estos pueden encontrarse en el directorio drivers/FTDI USB Drivers de la distribución Arduino.

En el siguiente paso (Conectar la placa), se añaden los drivers para el nuevo hardware.

La última versión de los drivers se puede encontrar en <http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm>.

CONECTAR LA PLACA.

La fuente de alimentación se selecciona mediante el jumper entre los conectores del USB y alimentación. Para alimentar la placa desde el puerto USB (bueno para controlar dispositivos de baja potencia como LEDS), coloca el jumper en los dos pines más cercanos al conector USB.

Para alimentar la placa desde una fuente externa (6-12 V), coloca el jumper en los dos pines más cercanos al conector de alimentación. En cualquier caso, conecta la placa a un puerto USB de tu ordenador.

El LED de alimentación debería encenderse.

En Windows el asistente para Añadir Nuevo Hardware debería abrirse. Instalar debidamente. Así para cada sistema operativo, agregar los drivers del hardware como corresponda.

EJECUTAR EL ENTORNO ARDUINO.

Abrir la carpeta de Arduino y hacer doble click en la aplicación Arduino. Se podrá comenzar a trabajar con programas de ejemplo listos para probar la placa o elaborar nuestros propios programas.

MENÚS

Sketch

Verify/Compile: Comprueba tu rutina para errores.

Import Library: Utiliza una librería en tu rutina. Trabaja añadiendo #include en la cima de tu código. Esto añade funcionalidad extra a tu rutina, pero incrementa su tamaño. Para parar de usar una librería, elimina el #include apropiado de la cima de tu rutina.

Show Sketch Folder: Abre la carpeta de rutinas en tu escritorio.

Add File...: Añade otro fichero fuente a la rutina. El nuevo archivo aparece en una nueva pestaña en la ventana de la rutina. Esto facilita y agranda proyectos con múltiples archivos fuente. Los archivos pueden ser eliminados de una rutina usando el Tab Menu.

Tools

Auto Format: Esto formatea tu código amigablemente.

Copy for Discourse: Copia el código de tu rutina al portapapeles de forma conveniente para postear en un foro, completa con resaltado de sintaxis.

Board: Selecciona la placa que estas usando. Esto controla la forma en que tu rutina es compilada y cargada así como el comportamiento de los elementos del menú Burn Bootloader.

Serial Port: Este menú contiene todos los dispositivos series (reales o virtuales) de tu máquina.

Debería actualizarse automáticamente cada vez que abres el nivel superior del menú Tools.

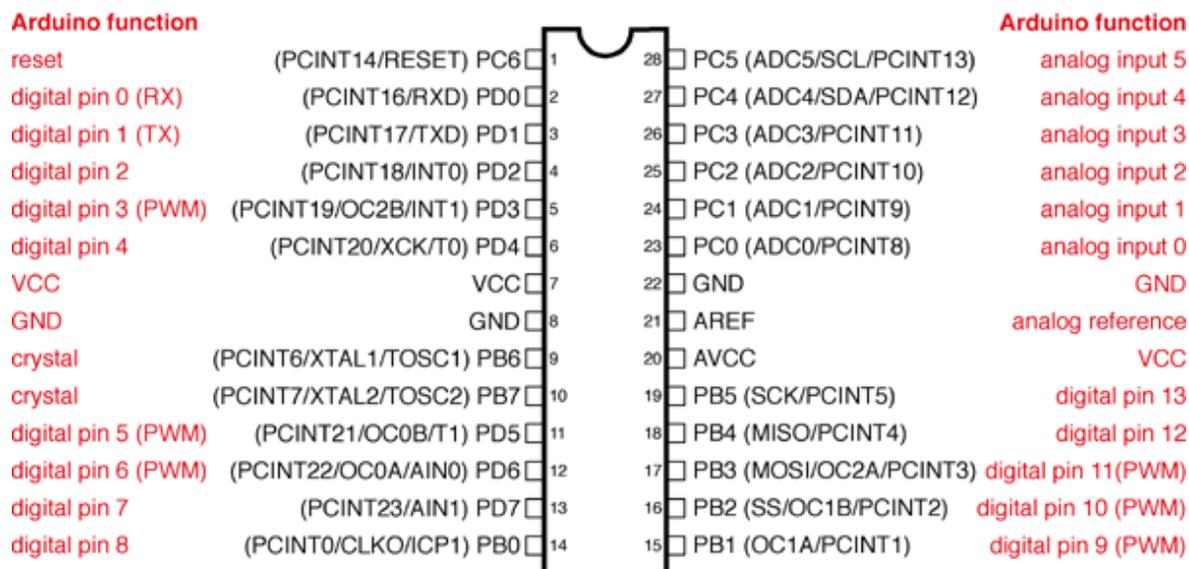
Antes de subir tu rutina, necesitas seleccionar el elemento de este menú que representa a tu placa Arduino. En el Mac, esto es probablemente algo como /dev/tty.usbserial-1B1 (para la placa USB), o /dev/tty.USA19QW1b1P1.1 (para una placa Serie conectada con un adaptador USB-a-Serie Keyspan). En Windows, es probablemente COM1 o COM2 (para una placa Serie) o COM4, COM5, COM7 o superior (para una placa USB) - para descubrirlo, busca USB serial device en la sección puertos del _Gestor de dispositivos de Windows.

Burn Bootloader: Los elementos en este menú te permiten grabar un bootloader en tu placa con una variedad de programadores. Esto no es necesario para uso normal de una placa Arduino, pero puede ser útil si encargas ATmegs adicionales o estás construyendo una placa por tu cuenta. Asegúrate que has seleccionado la placa correcta del menú Boards de antemano. Para grabar un bootloader con el AVR ISP, necesitas seleccionar el elemento que corresponde a tu programador del menú Serial Port.

PREFERENCIAS

Algunas preferencias pueden ser ajustadas en el diálogo Preferences (se encuentra bajo el menú Arduino en el Mac, o File en Windows y GNU/Linux). El resto se puede encontrar en los archivos de preferencias.

2.3.3 El microcontrolador atmega328



Digital Pins 11, 12 & 13 are used by the ICSP header for MISO, MOSI, SCK connections (Atmega168 pins 17, 18 & 19). Avoid low-impedance loads on these pins when using the ICSP header.

El ATmega328 de Atmel es procesador de 8-Bit en empaquetado DIP 28 pin, es como un ATmega168, con el doble de espacio de memoria flash. 32K de memoria de programa. 23 líneas de I/O, 6 son canales para ADC de 10-bit. Corre hasta 20MHz con cristal externo, puede ser programado sin desconectar del circuito en el que se esté usando.

De 1.8V a 5V de voltaje de operación. El ATmega328 es un microcontrolador de la compañía Atmel que cuenta con 32KB de memoria flash, 2KB de memoria RAM y 1KB de memoria EEPROM (el doble de características del antiguo modelo el ATmega168). El microcontrolador puede ser utilizado como reemplazo del microcontrolador de las Freeduino o las Arduino Duemilanove o Diecimila o también puede utilizarse para realizar el montaje de una Arduino desde protoboard.

Este microcontrolador ya viene preprogramado con el bootloader de Arduino Uno (el optiboot) que permite descargas programas a mayor velocidad y es mas pequeño que sus antecesores (1.5 KB menos); se debe utilizar la versión 0022 del ambiente de desarrollo de Arduino para poder descargar los programas.

2.3.4 Sensores

2.3.4.1 Humedad de suelo

La humedad del suelo es una de los factores más importantes que se deben controlar en la crianza de lombrices como se describe en el capítulo 1, por lo tanto es necesario la instalación de varios sensores de este tipo.

Los sensores de humedad de suelo generalmente son de costo elevado, aunado a esto que para poder llevar un control de la humedad en un área grande, o en varios bloques es necesario utilizar más de un sensor esto hace poco factible la adquisición de estos.

Para solucionar este problema se investigaron varias opciones para la medición de la humedad. CEKIT, una empresa colombiana ha trabajado con varios circuitos integrados. Uno de estos con el que han experimentado es el sensor de humedad con el 555. El circuito integrado 555 entrega un tren de pulsos de frecuencia variable, la frecuencia de este tren varía respecto a la resistencia de las puntas de prueba que se introducen en el suelo, y su principio de funcionamiento es que a mayor humedad mayor frecuencia.

El circuito 555 esta en diseño de multivibrador, al abrir la línea que conduce entre los pines 6 y 7 que esta conectada al pin de disparo, entre estas muestra alta resistencia debido al aire, cuando en estos se colocan los electrodos y se introducen a la tierra húmeda la resistencia disminuirá y esto pondrá a oscilar al 555, por lo tanto la velocidad de oscilación será proporcional a la humedad de la tierra, Para determinar la relación de la variación de la frecuencia con la humedad se utilizó un medidor de humedad marca RAPITEST y el sensor de humedad implementado.

2.3.4.2 Temperatura

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C.

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Introducción

La investigación y desarrollo del prototipo se realizara en 4 etapas de acuerdo a la complejidad. La primera se concentra en el análisis, diseño y construcción de la torre así como de las cunas, calculando peso de la torre y cunas, y en la obtención del mejor material disponible en el mercado. La segunda etapa se concentrara en implementar la torre con las cunas y la lombricomposta de manera vertical y hexagonal. La tercera etapa en la automatización del regado de las cunas, así como también en sus diferentes variables. Y por último las pruebas y análisis de funcionalidad del prototipo.

Etapa 1. Diseño y construcción del prototipo hexagonal.

Se va implementar el análisis de pesos en tierra humedad para proyectar de una manera eficiente el calculo idóneo y que la estructura soporte el peso de las cunas que en total serán 18 con un peso aproximado de 2 toneladas, se estima que aproximadamente sean 1 metro cubico en lombricomposta utilizando solamente 1.2 metros cuadrado en suelo

Etapa 2. Implementar el sistema de riego y obtención de lixiviado

El cultivo de lombricomposta necesita de variables a controlar como son por ejemplo humedad en suelo, PH entre otras para que la lombriz tenga un crecimiento idóneo y se pueda tener un crecimiento del doble cada cuatro meses y vender tanto el lixiviado, la lombriz y el abono natural, en esta etapa se estará controlando la humedad en suelo y se tendrá un riego automatizado, se utilizaran para su automatización, microcontroladores, y sensores que después de una etapa de censado activaran electroválvulas que producirán un regado por goteo

Etapas 3: Diseño e implementación del sistema de control automático

Se automatizara la torre para que se tenga un control totalmente automático en el sistema, se hará esto con microcontroladores y sensores, preferencialmente se pretenden buscar sensores lineales para un mejor manejo.

Etapas 4. Pruebas y análisis de resultados

Se analizara el sistema para tener un sistema estable y robusto que pueda a presentarse como una alternativa de cultivo y que se pueda con esto "optimizar" espacios, se realizaran pruebas de alcalinidad y PH, para obtener resultados de cómo se esta comportando el sistema y que ajustes hay que presentar.

3.1.2 Programa de actividades

Conforme a las etapas que integran el desarrollo de su proyecto, enliste las actividades a realizar y calendarice indicando periodos, de acuerdo al Cuadro No 1.

Cuadro No. 1

No.	Actividad	Periodo de realización (fecha inicio y término)	Justificación
1.	Investigar pesos totales de la estructura y el cálculo de los materiales proponiendo el material correcto y el Diseño desmontable. .	Del 17 agosto al 24 de septiembre del 2010.	Realizar un análisis y un calculo exacto de la estructura
2.	Construcción de la torre hexagonal con un total de 18 espacios para cunas	Del 27 de septiembre al 29 octubre del 2010	Se realiza la construcción de la torre de manera que sea ensamblada
3.	Construcción del sistema de riego y recolección del lixiviado.	Del 01 al 12 de noviembre del 2010	

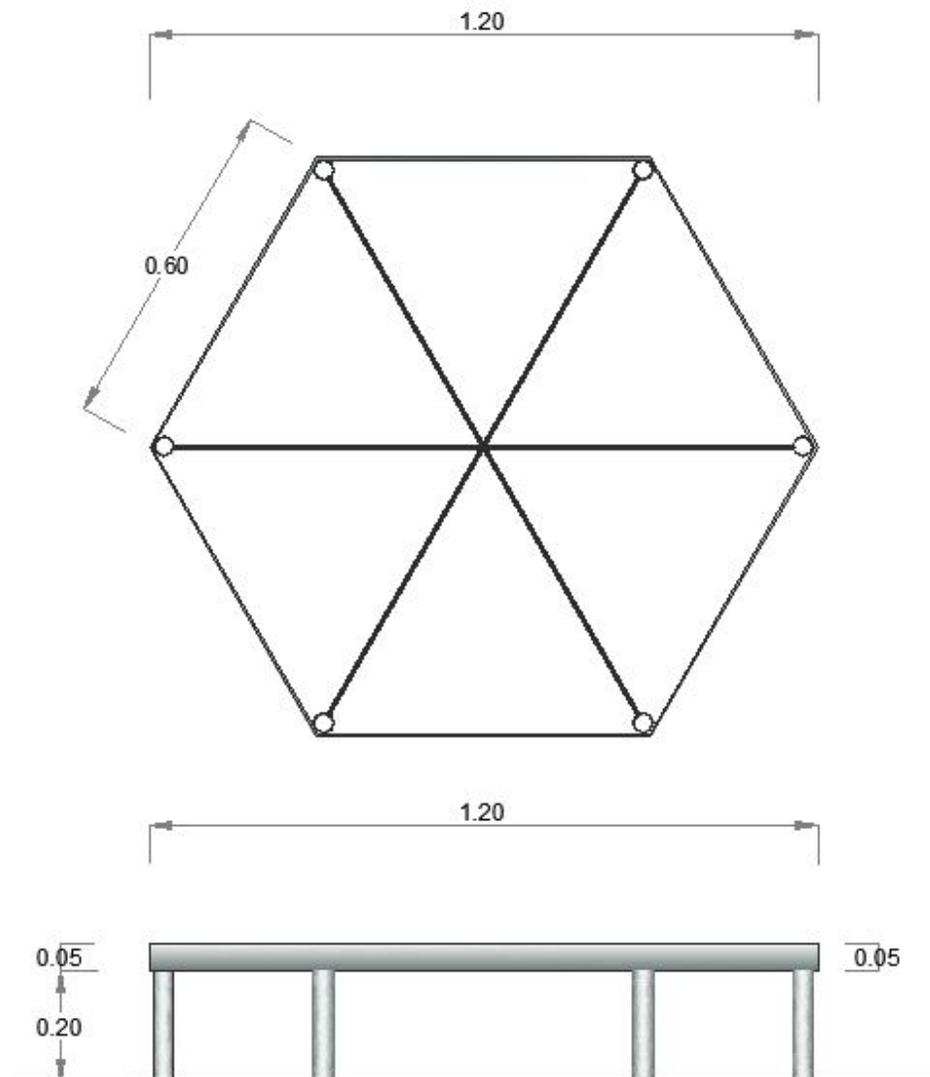
4.	Compra de las lombrices para 6 camas y puesta del sistema de manera manual, sin automatizar hasta este momento	Del 15 al 19 de noviembre del 2010	Empieza el cultivo de la lombricomposta y del lixiviado, para tener un cultivo del casi el triple al final del proyecto
5.	Automatización del sistema de riego	Del 22 de noviembre al 10 de diciembre del 2010	
6.	Automatización del sistema con las demás variables a controlar	Del 13 al 31 diciembre del 2010	
7.-	Primer cultivo de lombrices, a esta fecha son el doble de lombrices	Del 3 al 7 de enero del 2011.	
8.-	Pruebas, Análisis y Entrega de reporte final.	Del 10 al 21 de enero del 2011	Se entregara el reporte técnico final en donde se dará a conocer los logros obtenidos en relación a los objetivos planteados inicialmente en la investigación.

3.2 Diseño del sistema de lombricompostaje vertical hexagonal

3.2.1 Soporte hexagonal inicial (primer piso)

La estructura inicial es un hexágono de 1.2 metros de diámetro, con caras de 0.60 metros, elaborado con **SOLERA 2X1/8"**, en cada vértice del hexágono se integraran patas elaboradas con TUBULAR NEGRO 1 ¼ ' Ced. 30 (20cm) que servira como base para todo el sistema.

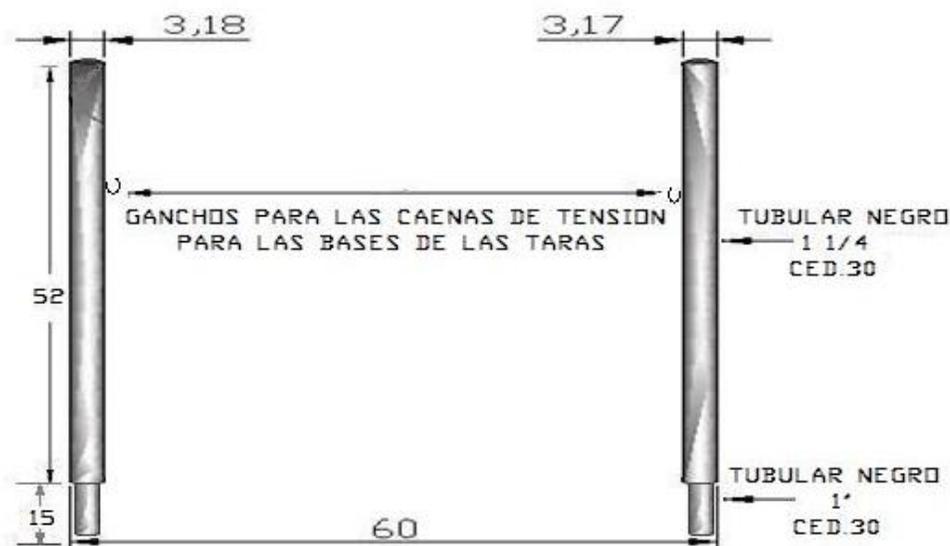
Fig. 3.1 Vista superior y perfil del soporte



3.2.2 Soporte vertical entre primer y segundo piso, segundo y tercero, y tercero y ultimo piso

La unión de los pisos hexagonales se genera mediante soportes verticales, elaborados de TUBULAR NEGRO DE 1 ¼ ' Ced. 30, con pequeñas patas de TUBULAR NEGRO DE 1" Ced. 30 para el embone en el soporte hexagonal inicial, en esta sección de la torre contiene en si 18 de estas piezas, las cuales cargaran los pisos de la torre.

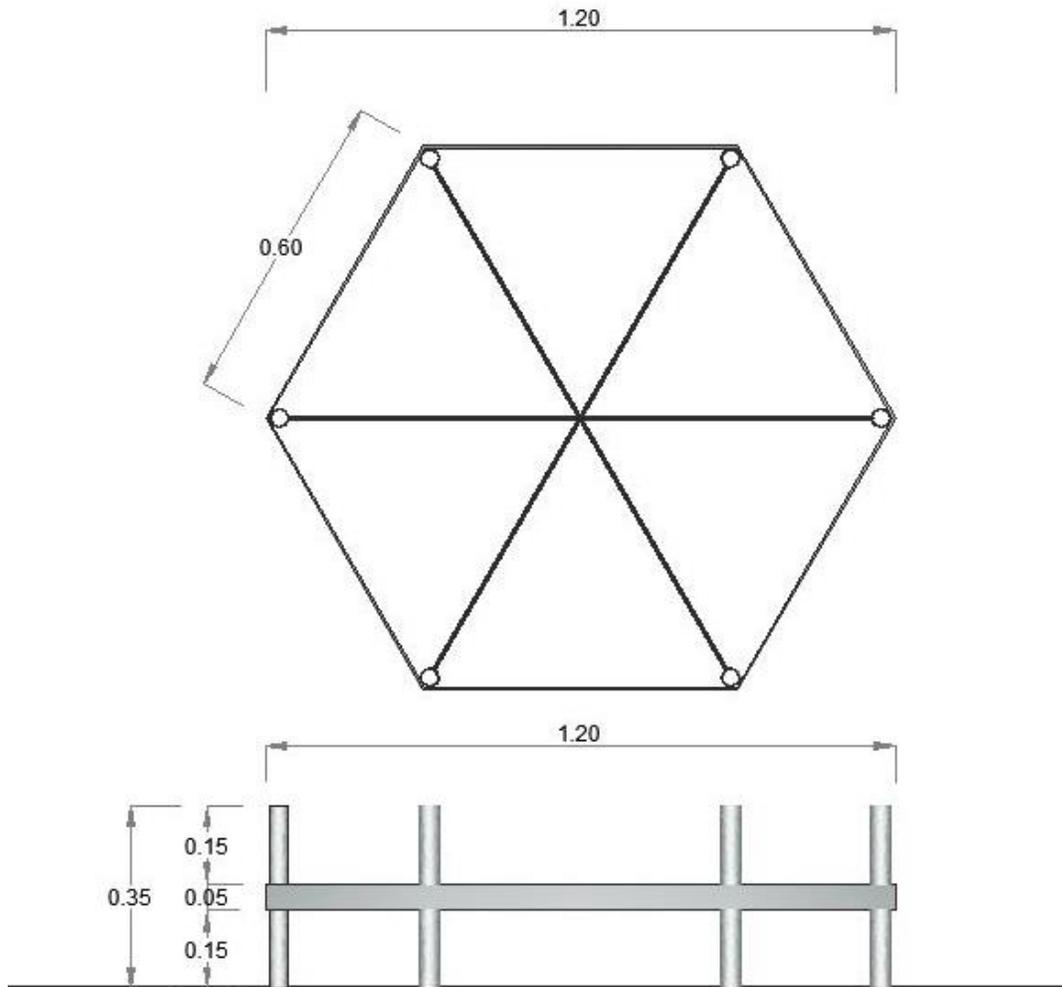
Fig. 3.2 Vista perfil de los soportes



3.2.3 soporte hexagonal entre primer y segundo, y segundo y tercer piso.

La estructura del segundo piso es un hexagono de 1.2 metros de diametro, con caras de 0.60 metros, elaborado con **SOLERA 2x1/8"**, en cada punto del hexágono se integraran patas Elaboradas con TUBULAR NEGRO 1" Ced. 30 (15 cm) inferior y superior libres de la solera, atirantadas con varilla de 3/8" para lograr una mayor resistencia.

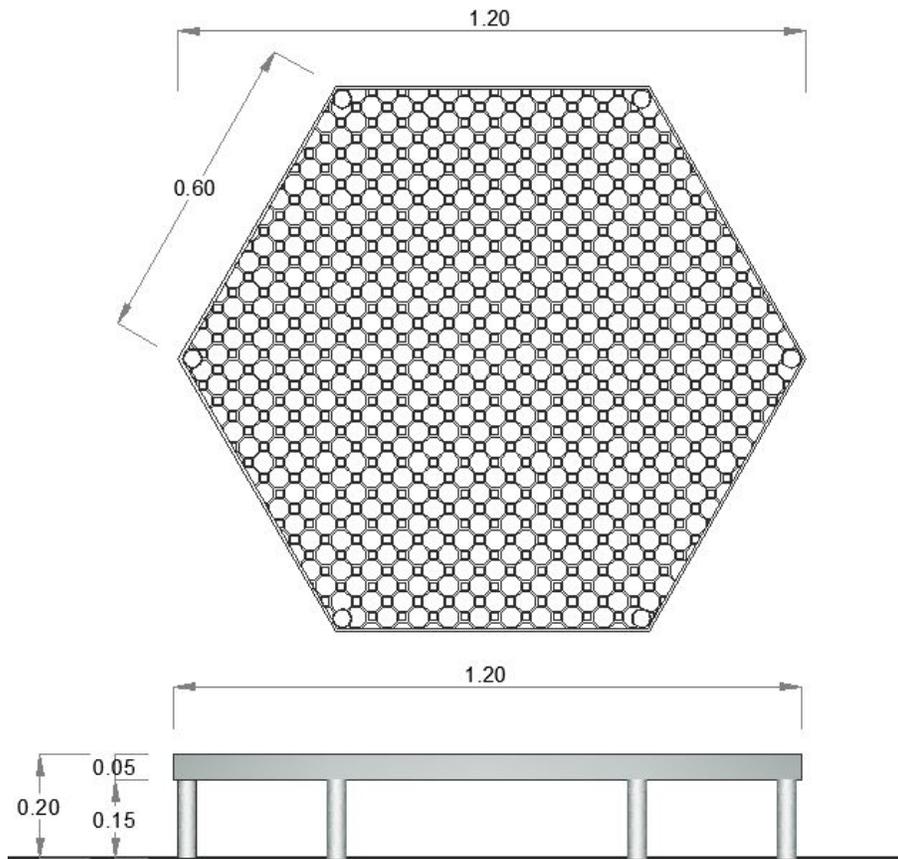
Fig. 3.3 Vista superior y perfil de las uniones entre los pisos



3.2.4 Soporte hexagonal (piso final)

La estructura del piso final es un hexagono de 1.2 metros de diametro, con caras de 0.60 metros, elaborado con **SOLERA 2x1/8"**, en cada punto del hexágono se integraran patas Elaboradas con TUBULAR NEGRO 1" Ced. 30 (15 cm) inferior libres de la solera, atirantadas con varilla de 3/8" para lograr una mayor resistencia.

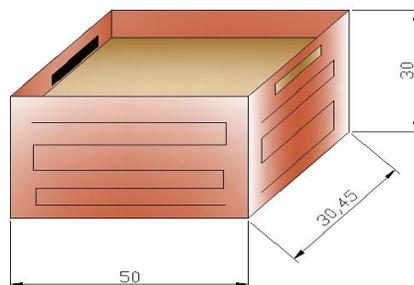
Fig. 3.4 Vista superior y perfil del soporte final



3.2.5 TARAS

Plastificadas, las cuales contendrán la composta de lombrices, en una proporción de casi 45,000 cm³ por caja el cual dará un equivalente de aprox. 810,000 cm³ por el edificio.

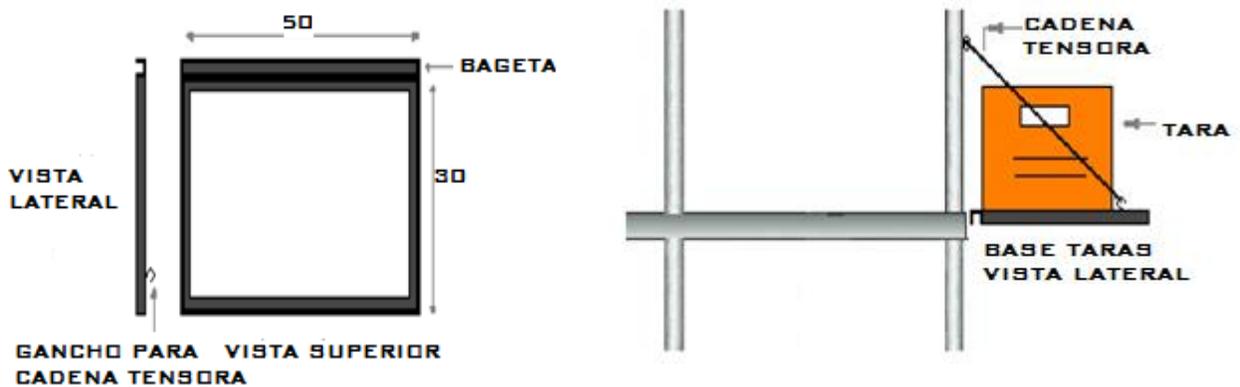
Fig. 3.5 tara



3.2.6 SOPORTE DE TARAS

Elaboradas con solera, Y bagueta pequeña para enganchar en el soporte hexagonal, con el fin de sostener las taras llenas de composta, estas llevan un gancho para ser tensadas mediante una cadena galvanizada de 1/8".

Fig. 3.6 Vista superior y perfil del soporte de taras



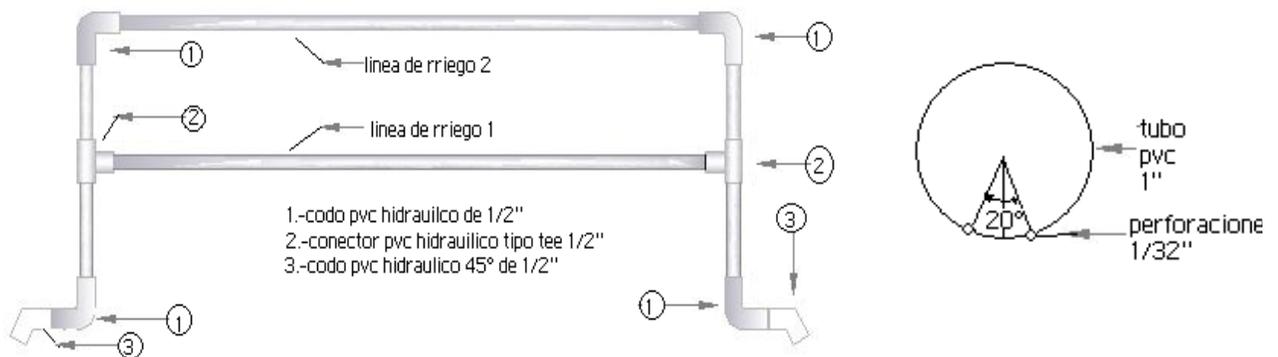
3.3 Diseño del sistema de riego

El sistema de riego en la estructura hexagonal vertical es todo el diseño que se necesitara para bastecer de agua las 18 taras con lombricompostaje, la idea de un sistema hexagonal sube un poco el grado de dificultad ya que se han integrado ángulos en cada vértice de los hexágonos, pero con la ayuda de adaptadores de pvc prefabricados se logro diseñar la siguiente estructura hidráulica.

3.3.1 Estructura hidráulica de una cara del hexágono

El sistema de riego del hexágono esta elaborado de tubo pvc hidráulico de 1", con dos líneas de riego para una mejor dispersión del agua sobre las taras estas líneas contiene perforaciones 1/64" dos líneas de perforaciones a aproximadamente a un Angulo de 20°, en el soporte hexagonal se compondrá de 5 caras iguales a esta.

Fig. 3.7 Vista superior del sistema de riego



3.3.2 SEXTA CARA DEL SISTEMA DE RIEGO HEXAGONAL.

En el sistema hexagonal se necesita que los tres pisos estén interconectados por lo que unas de las 6 caras tendrá un conector pvc hidráulico tipo tee de 1/2", para lograr conectar su piso con los otros.

Fig. 3.8 Vista superior del sistema de riego- medidas

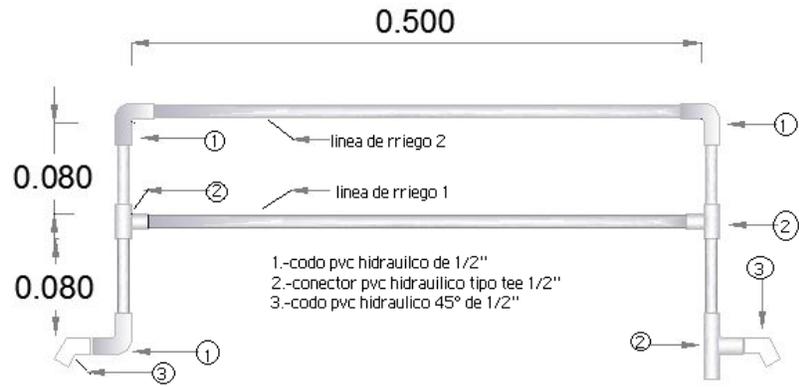
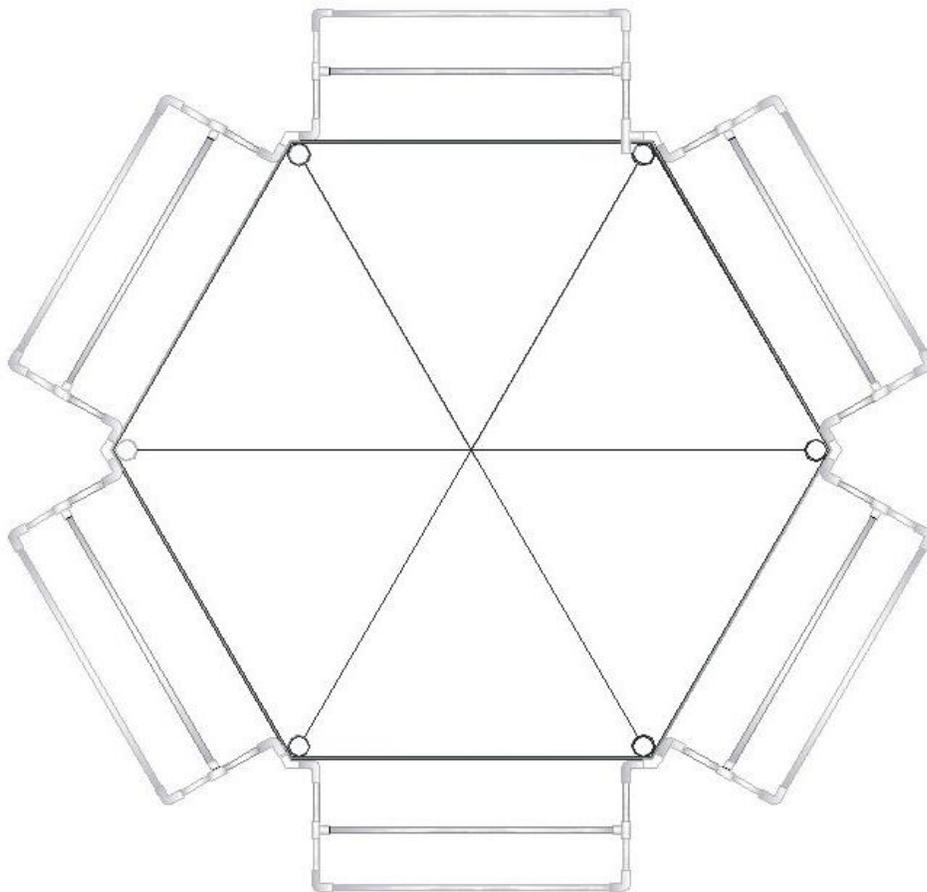


Fig. 3.9 Sistemas de riego con vista completa



3.3.3 TAMBOPLAS

Recipiente contenedor de agua, se encuentra en la parte superior de la torre y así utilizar la gravedad para el sistema de regado.



NOTA:

- DISEÑADO Y DIBUJADO EN AUTOCAD 2008.
- LAS MEDIDAS UNITARIAS PRESENTADAS EN LAS IMAGENES SON EN CM.
- EL COLOR PUEDE VARIAR A CONSIDERACION DEL FABRICANTE DEL MATERIAL.
- EL TAMBOPLAS PUEDE VARIAR SU CAPACIDAD EN LOS MARGENES DE 200 Y 400 LST. POR RAZONES DE PRESION Y PESO.
- LAS TARAS PUEDE SER SUSTITUIDAS POR OTRO TIPO DE MATERIAL PERO NO EN SUS DIMENSIONES.

3.4 CIRCUITOS

Fig. 3.4.1 Fuente de voltaje de 8 volts para alimentación del Arduino.

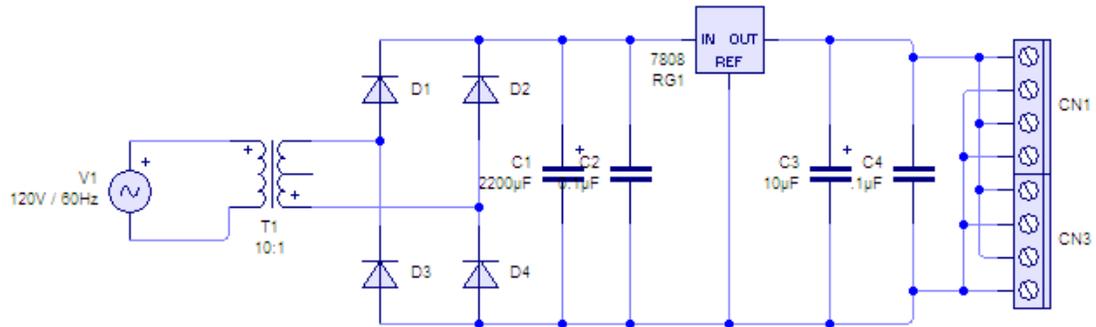


Fig. 3.4.2 control por Angulo de fase.

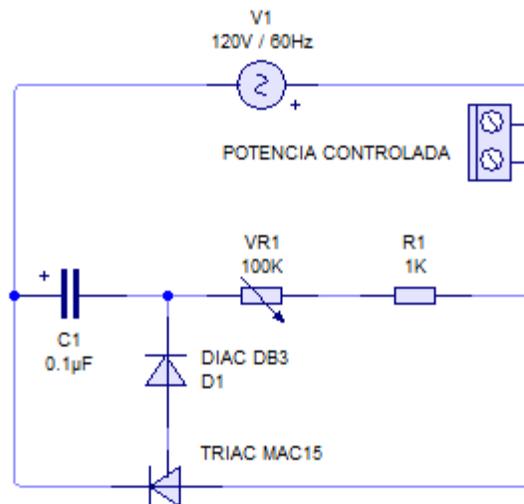


Fig. 3.4.5 etapa de acoplamiento entre Arduino y actuador con protección.

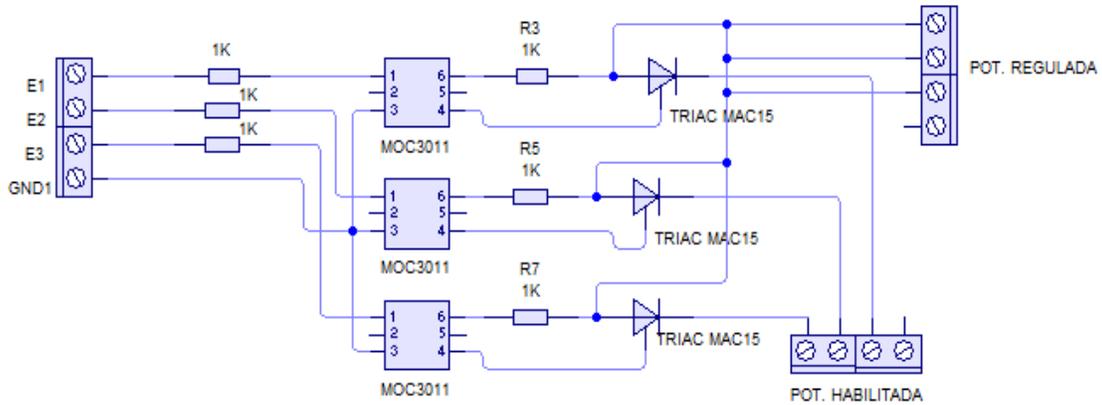
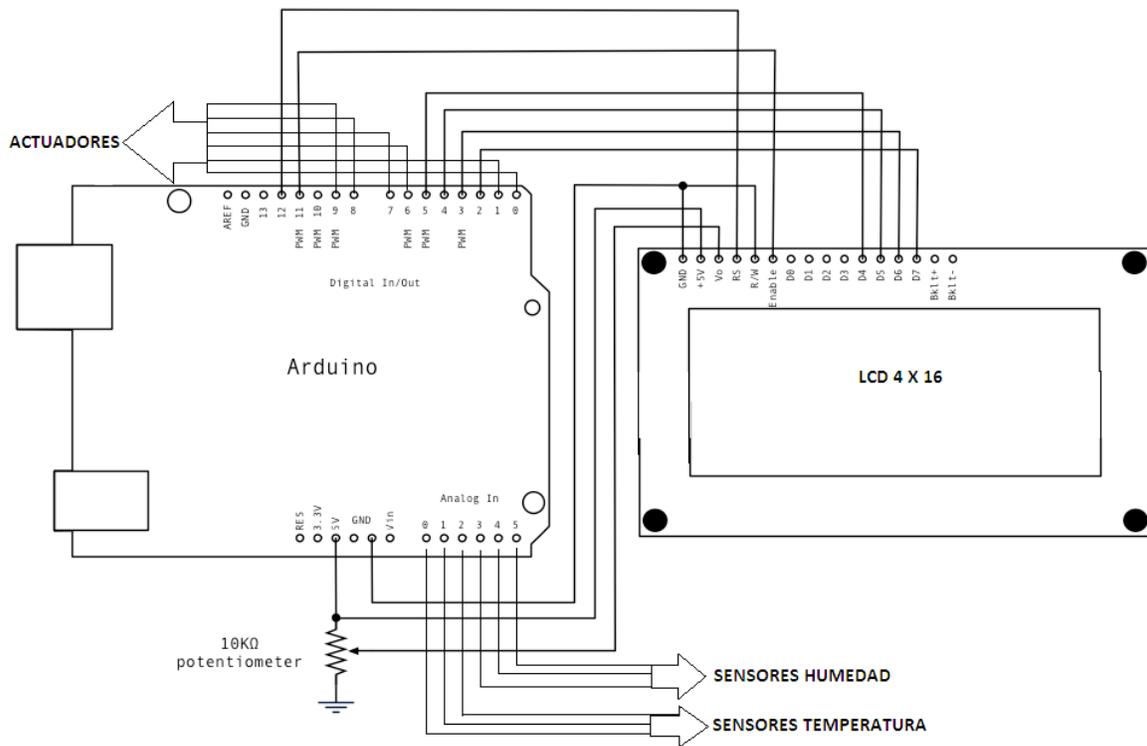


Fig. 3.4.6 Conexión de LCD, sensores y actuadores en el Arduino.



3.4.1 DISEÑO DEL SENSOR HUMEDAD

Tabla 3.3.1 Datos de la humedad del suelo con su respectiva frecuencia

% HUMEDAD	FRECUENCIA (HZ)
0	0
10	56
20	141
30	278
40	467
50	533
60	734
70	875
80	1089
90	1345
100	1636

El diseño del sensor de humedad se va a realizar tomando los datos al 100% de Humedad que sería el valor crítico.

Para una frecuencia máxima de 1636Hz se tiene lo siguiente:

El fabricante recomienda utilizar los siguientes valores para el funcionamiento adecuado del LM 555. $R_2=1k\Omega$, $C_1=0,01\mu F$.

Diseño de los Elementos del Sensor de Humedad

$f=1636\text{Hz}$

$R_2=1k\Omega$

$C_1=0,01\mu F$

Asumiendo una relación de trabajo de $\delta = 0.9$.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1636} \text{Hz} = 0.6112 \text{ms}$$

$$T_{alto} = \delta(T) = (0.9)(0.6112 \text{ms}) = 0.55 \text{ms}$$

$$1 = T_{alto} + T_{bajo}$$

$$T_{bajo} = 0.0612 \text{ms}$$

$$T_{bajo} = 0.895(1k\Omega)C_2$$

$$C_2 = 0.09 \mu f$$

Para el diseño se coloca un capacitor de:

$$C2=0,1\mu F$$

$$T_{alto} = 0.55(R1 + R2)C2$$

$$0.55ms = 0.895(R1 + 1k\Omega)(0.1\mu f)$$

$$R1= 6,9k\Omega$$

Para el diseño se coloca una resistencia de:

$$R1= 6,8k\Omega$$

Para el cálculo de la resistencia R3 se tiene:

Suponiendo que la corriente que circula por la resistencia R3 es 5mA cuando el Voltaje de entrada Vi es 5V se tiene:

$$R3 = \frac{5v}{5ma} = 1k\Omega$$

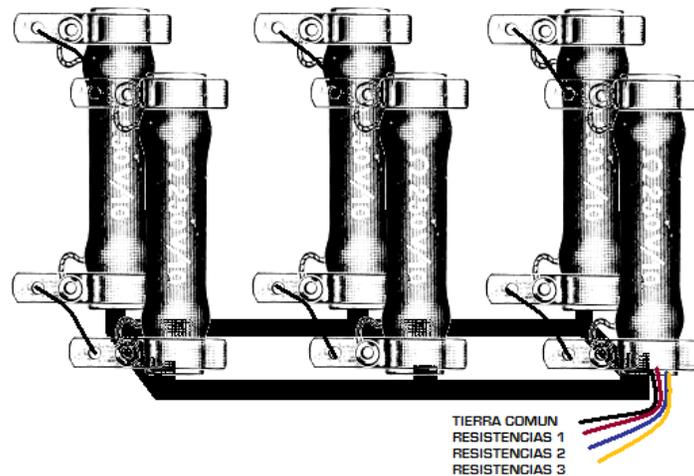
Para el proyecto de lombricompostaje vertical hexagonal se diseño una estructura hexagonal que consta de 3 pisos la cual sea capaz de soportar 18 taras, con un peso neto de aproximadamente 1.2 toneladas, con un diseño practico y desmontable.

3.5 sistema de cultivo de lombrices

Durante la historia del lombricompostaje se han manejado métodos artesanales en crianza y cultivo aun existiendo tecnología, es por eso que basándonos en cualidades que provocan estrés a las lombrices elegimos el calor para un manejo de cultivo mas tecnológico mediante transferencia de calor.

Mediante un sistema de resistencias de alta potencia de base de porcelanas de 750 ohms aplicamos transferencia de calor por conducción debido a la disipación de calor de las resistencias.

Figura de sistema de resistencias de alta potencia.



3.5.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CULTIVO DE LOMBRICES

Se pretende ir calentando la zona de lombricompostaje en un sentido habilitando cada por de resistencias por lapsos de tiempo pretendiendo ir arrastrando a las lombrices y obtener un sistema de cultivo en menor tiempo y tecnológico.

3.5.2 SENSADO DEL SISTEMA DE CULTIVO POR LABVIEW

Las lombrices necesitan 18-25 grados entendiéndose como un ambiente agradable pero para lograr un estrés por calor sin lastimarlas se necesita alrededor de 45-50 °c lo cual se monitorio a 25%,50%,75%,100% de potencia en C.A con un circuito regulador de potencia por fase de angulo y sensado por 6 LM35, con un programa basado en LABVIEW y una tarjeta de adquisición de datos NI USB 6008

SISTEMA DE CULTIVO EN SENSADO DE PRUEBA.



3.5.3 SENSADO EN LABVIEW

Mediante el lenguaje G de labview y el DAQ NIUSB 6008 se lee la información de los 6 LM35 por el lapso de tiempo e intervalos de muestreos deseados e usando toolkit report generation las lecturas de sensado se almacenan en un archivo Excel

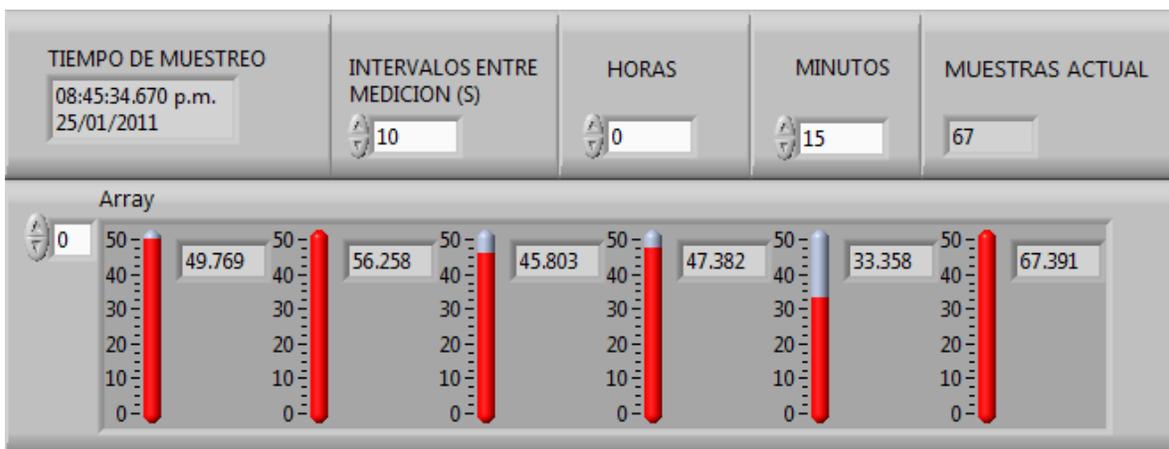
NOTA: la transferencia de calor leída por los LM35 varía dependiendo de la distancia situada de las resistencias, las tablas y graficas obtenidas en anexos.

3.5.4 PANEL DE CONTROL LABVIEW.

El programa se divide en dos una de ellas es el panel de control el cual tenemos variables contraladas y visualización de el sistema en control.

El programa tiene los siguientes elementos:

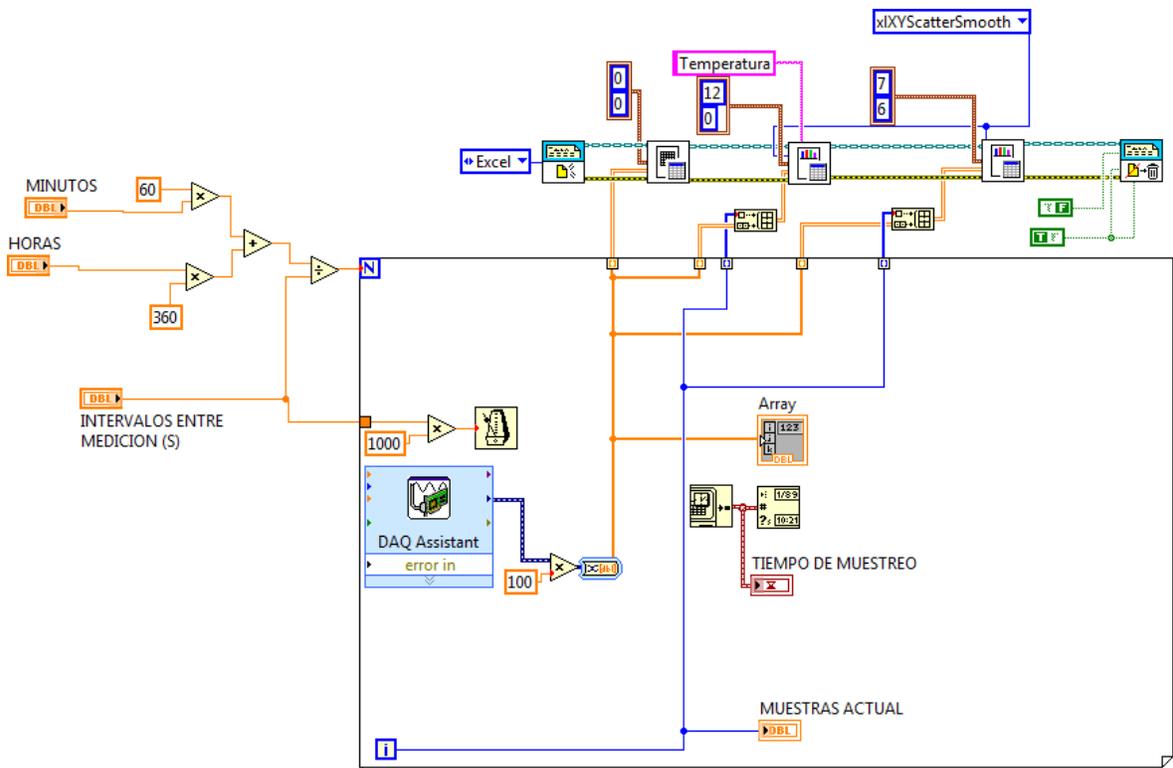
- TIEMPO DE MUESTREO: hora y fecha en la cual se lleva el muestreo.
- INTERVALOS ENTRE MEDICION(S): Intervalos en segundos del sensado de los LM35.
- HORAS: Tiempo en horas que tardara el muestreo.
- MINUTOS: Tiempo en minutos que tardara el muestreo.
- MUESTRA ACTUAL: cantidad de muestra realizadas.
- INDICADORES(6): 6 indicadores en forma de termómetro para visualizar las temperaturas sensadas en cada muestra.



3.5.5 DIAGRAMA DE BLOQUES LABVIEW.

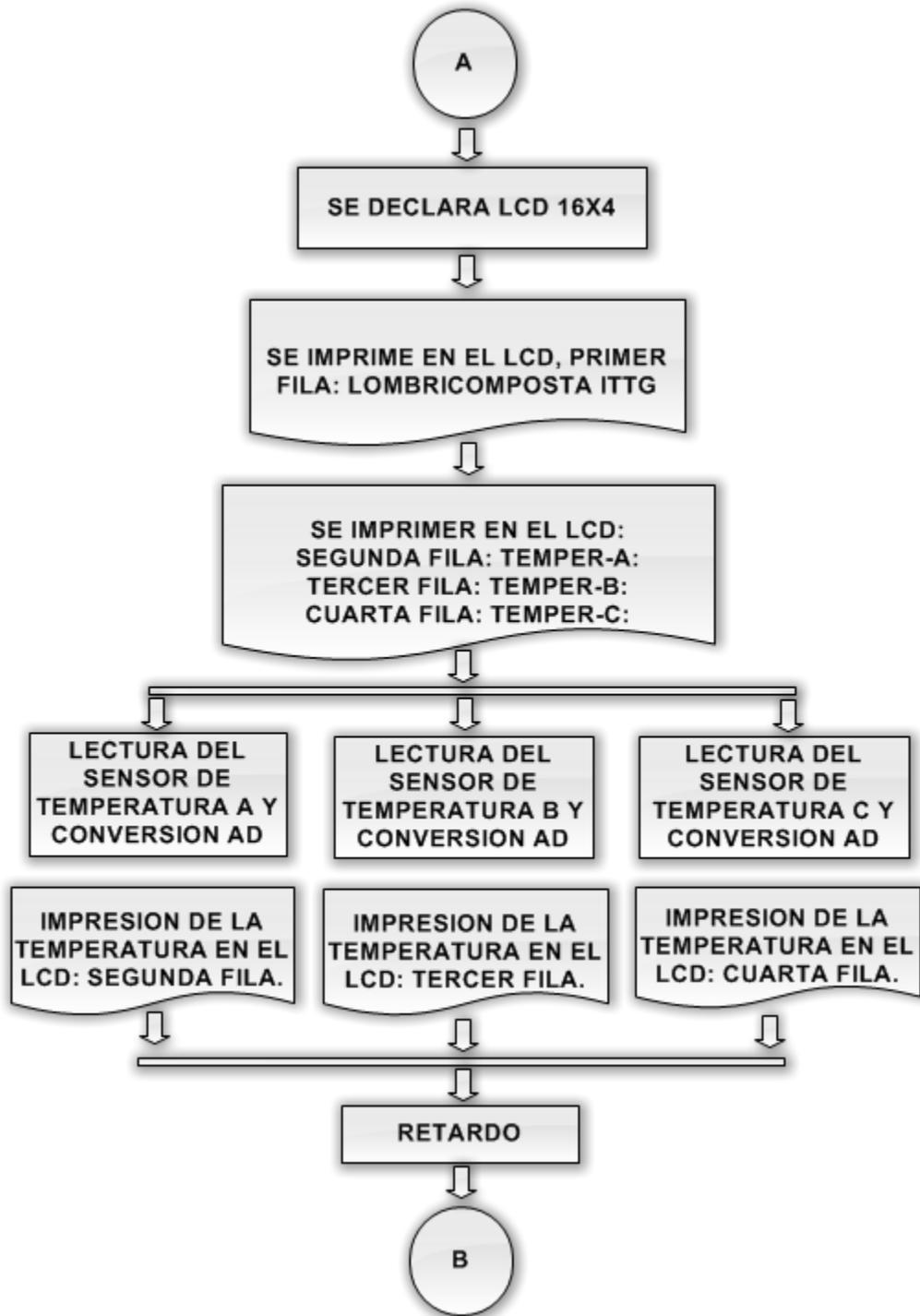
El diagrama de bloques en donde se lleva acabo la programación en lenguaje G (Grafico) de labview usando todos los elementos y bloques de programación de labview para crear un programa según se necesite.

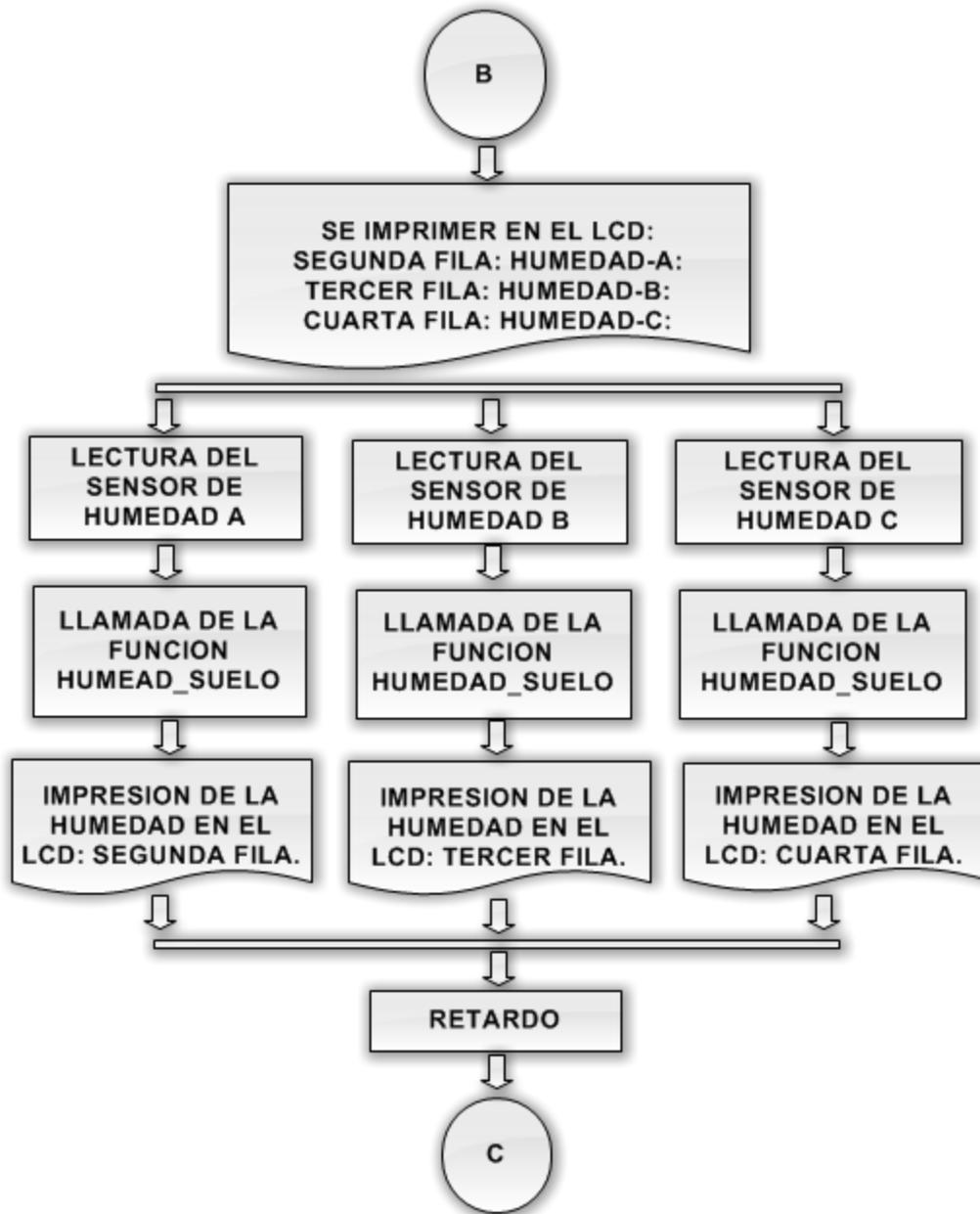
Con la unión de cada bloque logramos una programación en lenguaje g para obtener un sensado de 6 LM35 por medio de una tarjeta de adquisición de datos DAQ NIUSB 6008 y guardarlos en un archivo Excel por un toolkit report generation.

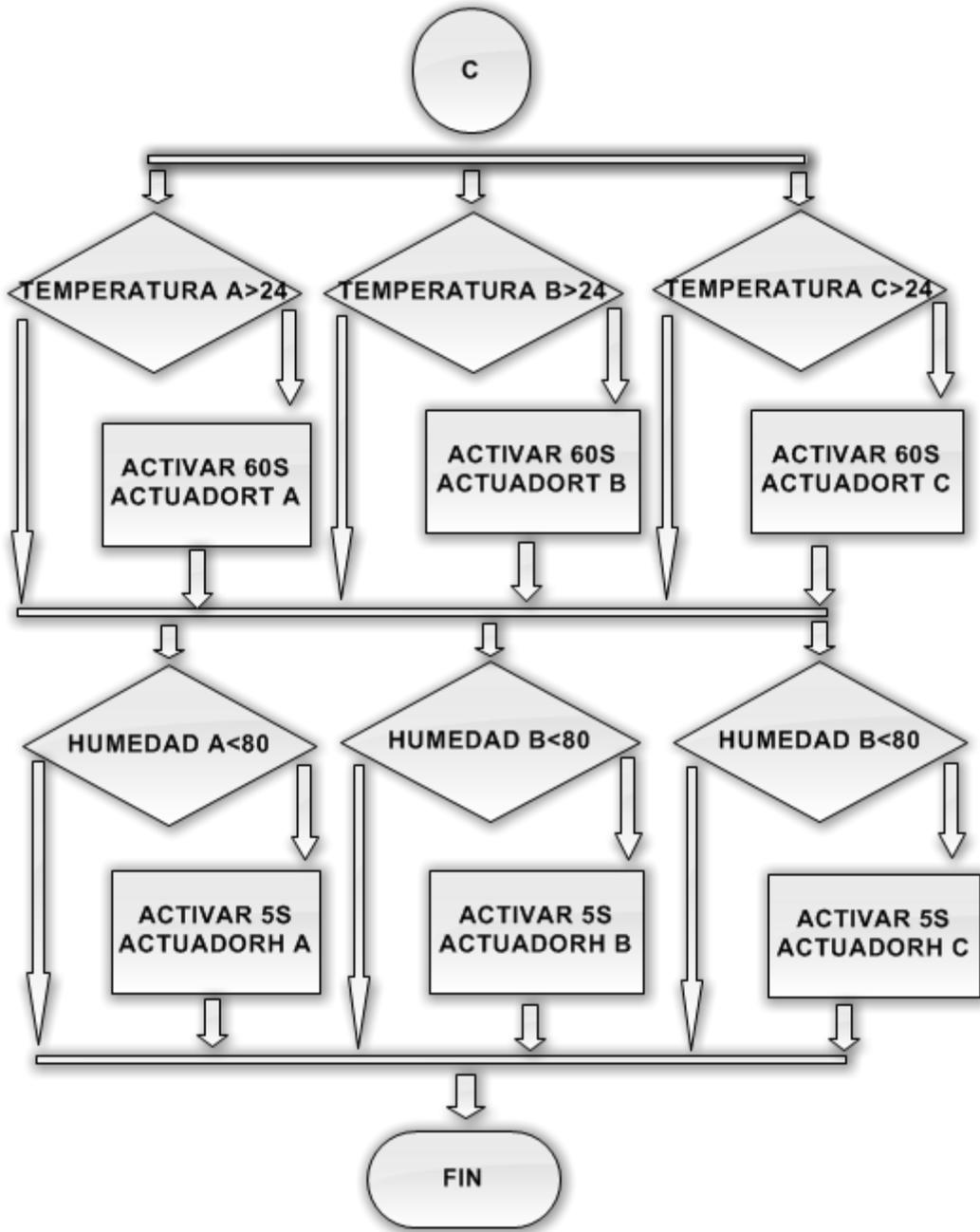


3.6 Diagrama de flujo del programa de Arduino para automatización.









3.7 Cotización y presupuesto

NOMBRE: AG ELECTRONICS			
CANT	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.TOTAL
1	ARDUINO UNO	380	380
3	SENSORES HUMEDAD TOTAL	30	90
3	SENSORES TEMPERATURA LM35	70	210
6	RELEVADORES ESTADO SOLIDO	110	660
1	LCD 16X4		70
1	ENVIO		250
		TOTAL:	1660.00

NOMBRE: MAYOREO DE PLASTICOS TITAN			
DIRECCION: 1a PONIENTE SUR No 855			
TEL: 961-613-7208			
CANT	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.TOTAL
18	TARAS MEDIANAS ECONOMICAS	89	1602.00
		TOTAL:	\$1602.00

NOMBRE: GARROSET Y COMPAÑÍA, S.A DE C.V			
DIRECCION: LIB. SUR PONIENTE No 11000 COL BORGES			
TEL: 61-2-62-20			
CANT	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.TOTAL
4	TUBO NEGRO CED-30 1 1/4"	211.09	844.36
1	TUBO NEGRO CED-30 1 "	134.73	134.73
4	SOLERA ESTRUCTURAL 2x1/8"	101.52	406.08
5	ANGULO ESTRUCTURAL	74.04	370.20
18	CODOS 45° DE PVC	3	54
18	CADENA	18	324
1	MALLA RIGIDA	150	150
2	BAGUETA	30	60
		TOTAL:	\$2,343.37

NOMBRE: PARKER STORE			
DIRECCION: 1a SUR PONIENTE No 743			
TEL/FAX: 61-2-43-74			
CANT	DESCRIPCION	P.UNITARIO	P.TOTAL
4	ELECTROVALVULAS DE 1/2"	826	3304
2	PINTURA DE ACEITE	105.00	210.00
2	TINER ESTANDAR	23	46
2	BROCHAS DE 1"	15	30
		TOTAL:	3590.00

NOMBRE: TUBOS Y CONEXIONES DE CHIAPAS			
DIRECCION: 4a NORTE ORIENTE No 1363			
TEL: 961-613-4612			
4	TU HC 25 TUBO HIDRAULICO CEMENTAR DE 1"	\$71.98	\$ 287.92
3	TE HC 25 TEE PVC HID. CEMENTAR DE 1"	\$ 6.90	\$ 20.70
3	RB HC 2513 REDUCCION PVC HID CEM 1x1/2"	3.45	\$ 10.35
3	TU HC 13 TUBO HIDRAULICO CEMENTAR DE 1/2"	\$37.07	\$111.21
36	CP HC 13 COPLE PVC HID. CEMENTAR DE 1/2"	\$ 2.16	\$ 77.76
90	CO HC 13 CODO PVC HID. CEMENTAR DE 1/2x90"	\$2.59	\$233.10
18	TC HC 13 TAPON CAPA PVC HID CEMENTAR DE 1/2"	\$2.16	\$38.88
1	CEM 9 CEMENTO PVC BOTE 1/4 LTO. HID.	\$40.52	\$40.52
35	AS 3 ABRAZADERA SINFIN No 8 (1/2)A	\$3.45	\$120.75
30	MI 13 MANGUERA INDUSTRIAL DE 1/2	\$5.60	\$168.00
36	AH HC 13 ADAP. HEMBRA PVC HID. CEMENTAR DE 1/2"	\$ 2.59	\$93.24
38	TE HC 13 TEE PVC HID. CEMENTAR DE 1/2"	\$3.02	\$114.00
3	TORNILLOS DE ACOPLE DE 1/2	\$28.00	\$84.00
		SUBTOTAL:	\$ 1,403.43
		IVA:	\$224.54
		TOTAL:	\$1,627.97

NOMBRE: CORPORATIVO E MATERIALES S.A DE C.V			
DIRECCION: 5a NORTE PONIENTE No 980			
TEL: 61-29 957			
1	TAMBOPLAS	\$ 604.24	\$604.24
		TOTAL:	\$ 604.24

NOMBRE: CERAMICA Y MATERIALES CONTINENTAL S.A DE C.V			
DIRECCION: 5a NORTE PONIENTE			
1	VARILLAS 3/8" 12 M.L SICARTSA	\$80.82	\$ 80.82
		TOTAL:	\$80.82

MANO OBRA DE LA TORRE	\$1,000.00
TOTAL COTIZADO	\$12,508.4

CAPITULO 4: RESULTADOS

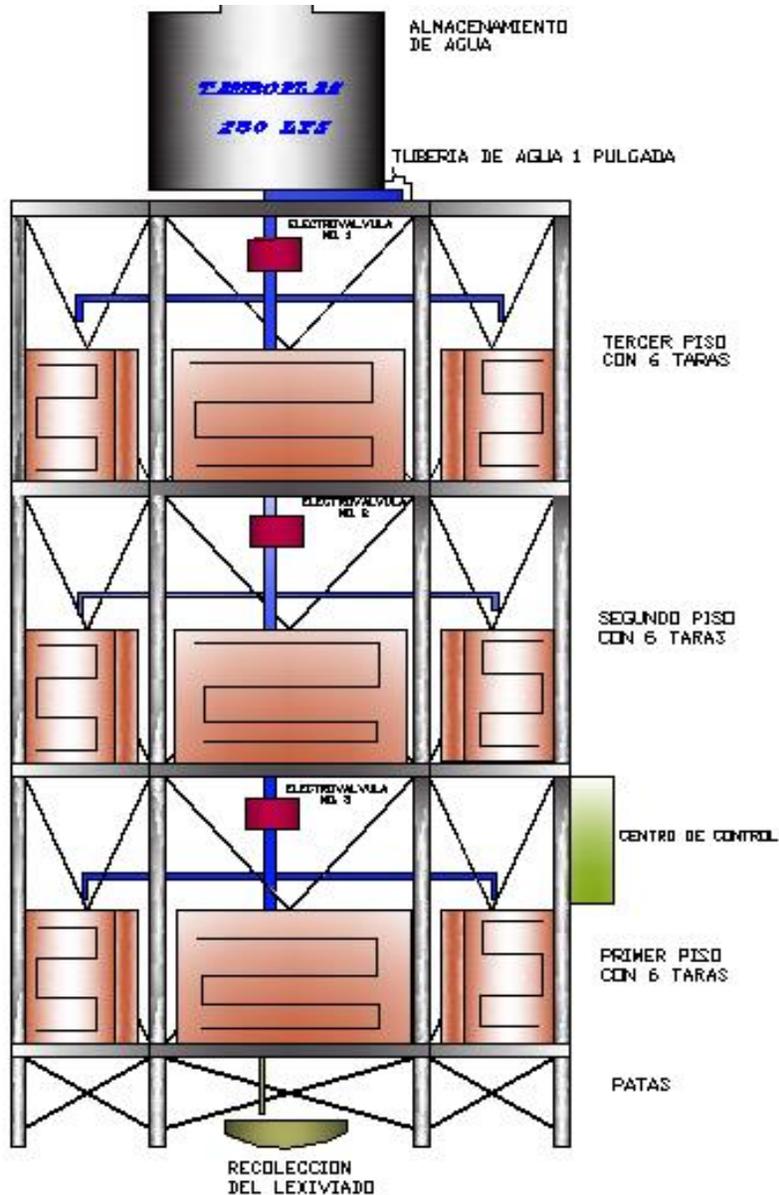


Fig. 4.1 DESCRIPCION

La torre tiene la capacidad de regarse, monitorear la temperatura, así como el pH, , la cual lo hace autónoma de la mano humana, también recolectar el lixiviado de las lombrices para usos del campo agrícola, así como la reproducción de lombrices para la transformación de harinas comestibles.

RESULTADO DEL SISTEMA DEL CULTIVO DE LOMBRICES.

El sistema de cultivo de lombrices generado por transmisión de calor por conducción generado por resistencias de alta potencia de base de porcelana de 750 ohms, si demostró transmitir el calor elevando el ambiente del lombricompostaje de 18-25°C necesarios asta un rango de 31-55°C por lo que es suficiente para generar un grado de estrés necesario para el sistema e cultivo de lombrices.

CAPITULO 5 CONCLUSIONES

Los diseños, fabricaciones, ensamblaje, innovaciones que se tuvieron en este proyecto son de gran utilidad en el sector del cual se tenía planteado, es de gran utilidad, facilidad, eficacia, ya que es un sistema automático el cual proporciona autonomía en la torre para el cultivo (siembra, mantenimiento y cosecha) así como la obtención de un gran fertilizante propio para el sector agrícola.

Como se planteaba anteriormente, es de gran provecho para la agricultura así como los agricultores la implementación de este tipo de aportación tecnológica en todos los sentidos como son: fertilizantes naturales, el cual para los agricultores son más económicos que los fertilizantes químicos, es natural, no daña el suelos; la creación de harinas de cocina.

Las amplias aplicaciones y obtenciones de materia útil justifica los precios, y numerosas horas de diseño, fabricación, pruebas y correcciones de este proyecto, justificándolo como una herramienta y aplicación de alta utilidad.

4 RECOMENDACIONES

- Un estudio biológico profundo de las propiedades de las lombrices, como alimentos, etc.

- Otro alternativo uso para el lixiviado.

- Hacer los cálculos matemático necesario para colocar una cuarta sección en la torre. Si es favorables y viable.

- Estos puntos pueden ser factor para una segunda parte de investigación, diseño y construcción del proyecto descrito.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

http://electrolabo.com/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=1

EVANS, Brian W., (2007) Arduino Programming Notebook.

ARDUINO - Wikipedia, the free encyclopedia, (última modificación, Marzo 2008). Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/Arduino>

ARDUINO: Homepage, (última modificación, Marzo 2006). Disponible en: <http://www.arduino.cc/es/>

<http://www.5hz-electronica.com/avr28pin20mhz32k6ad-atmega328.aspx>

www.cecytech.edu.mx/Pdf/manuallombricultura.pdf

<http://www.manualdelombricultura.com/>

Acosta, I. 1999. Sugerencias para enfrentar mejor la crisis. Revista del plan agropecuario N°89.

Lomeli Zúñiga, H. 2000. Agricultura. México.

APÉNDICE

Código Arduino para automatización

```
#include <LiquidCrystal.h>
```

```
LiquidCrystal lcd(12,11,5,4,3,2);
```

```
int temperaturaA = A0; // Seleccionando los sensores analogicos
```

```
int temperaturaB = A1; // De temperatura y digital de humedad del  
suelo.
```

```
int temperaturaC = A2;
```

```
int humedadA = A3;
```

```
int humedadB = A4;
```

```
int humedadC = A5;
```

```
int sensortA = 0; // asignando valor 0 a las variables de
```

```
int sensortB = 0; // de los sensores
```

```
int sensortC = 0;
```

```
int sensorhA = 0;
```

```
int sensorhB = 0;
```

```
int sensorhC = 0;
```

```
int actuadorhumedadA = 0; //Seleccion de los actuadores de
```

```
int actuadorhumedadB = 1; // Humedad y actuadores adicionales.
```

```
int actuadorhumedadC = 6;
```

```
int actuadorA = 7;
```

```

int actuadorB = 8;

int actuadorC = 9;

unsigned long time0, time1 , time;

int humedad;

int humedad_suelo()
{
while (humedad == 0)           // Determinar la frecuencia
    {while (humedad == 1)
        {time0 = micros();}}
while (humedad == 0)
    {while (humedad == 1)
        {time1 = micros();}}
time = time1-time0;
time = 1000000/time;
humedad = int (time);

    if ( humedad == 0 )           // Determinar la humedad
        {humedad = 0;}
    if (0 <= humedad >=58)
        {humedad = 10;}
    if (58 <= humedad >=143)
        {humedad = 20;}
    if (143 <= humedad >=280)
        {humedad = 30;}
    if (280 <= humedad >=469)
        {humedad = 40;}
}

```

```

    if (469 <= humedad >=535)
        {humedad = 50;}

    if (535 <= humedad >=736)
        {humedad = 60;}

    if (736 <= humedad >=877)
        {humedad = 70;}

    if (877 <= humedad >=1091)
        {humedad = 80;}

    if (1091 <= humedad >=1347)
        {humedad = 90;}

    if (1347 <= humedad )
        {humedad = 100;}

    return humedad;
}

void setup()
{
    pinMode(actuadorhumedadA,OUTPUT); //Declaracion de los
actuadores

    pinMode(actuadorhumedadB,OUTPUT); //Como salidas

    pinMode(actuadorhumedadC,OUTPUT);

    pinMode(actuadorA,OUTPUT);

    pinMode(actuadorB,OUTPUT);

    pinMode(actuadorC,OUTPUT);

    pinMode(humedadA, INPUT);          // declarando sensores
digitales

    pinMode(humedadB, INPUT);

    pinMode(humedadC, INPUT);
}

```

```

    lcd.begin(16, 4);

    lcd.print("LOMBRICOMPOSTA ITTG");

}

void loop()
{
    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Temper-A:");

    lcd.setCursor(0, 2);

    lcd.print("Temper-B:");

    lcd.setCursor(0, 3);

    lcd.print("Temper-C:");

    sensortA = analogRead(temperaturaA); //lectura temperatura A
    sensortA = sensortA*250/1024;

    lcd.setCursor(11, 1);

    lcd.print(sensortA);

    delay(1000);

    sensortB = analogRead(temperaturaB); //lectura temperatura B
    sensortB = sensortB*250/1024;

    lcd.setCursor(11, 2);

    lcd.print(sensortB);

    delay(1000);

    sensortC = analogRead(temperaturaC); //lectura temperatura C
    sensortC = sensortC*250/1024;

    lcd.setCursor(11, 3);

    lcd.print(sensortC);

    delay(6000);
}

```

```
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print("Humedad-A:");  
lcd.setCursor(0, 2);  
lcd.print("Humedad-B:");  
lcd.setCursor(0, 3);  
lcd.print("Humedad-C:");
```

```
sensorhA = humedadA;  
sensorhA = humedad;  
humedad_suelo();  
lcd.setCursor(12, 1);  
lcd.print(humedad);  
humedad = sensorhA;  
delay(1000);
```

```
sensorhB = humedadB;  
humedadB = humedad;  
humedad_suelo();  
lcd.setCursor(12, 2);  
lcd.print(humedad);  
humedad = sensorhB;  
delay(1000);
```

```
sensorhC = humedadC;  
humedadC = humedad;  
humedad_suelo();
```

```

lcd.setCursor(12, 3);

lcd.print(humedad);

humedad = sensorhC;

    delay(6000);

//ACTUADORES HUMEDAD

if ( sensorhA < 80 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

    if ( sensorhB < 80 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

        if ( sensorhC < 80 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

//ACTUADORES TEMPERATURA

    if ( sensortA > 28 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

    if ( sensortB > 28 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

    if ( sensortC > 28 )

{digitalWrite(actuadorhumedadA, HIGH);

    delay(5000);}

}

```

TABLAS SENSADO DEL SISTEMA DE CULTIVO DE LOMBRICES POR TRANSMISION DE CALOR.

NOTA: Tiempo de sensado 15 min resistencias al 75%, cada par de resistencias de alta potencia habilitada por 5 min asta habilitar todas de la siguiente manera.

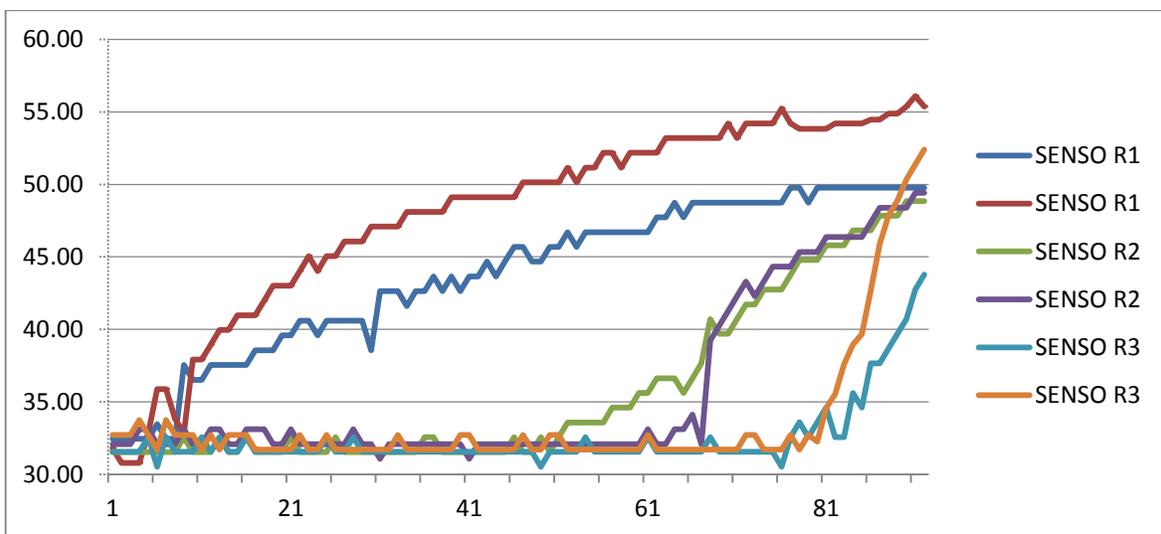
- (0-5 min R1 ON, R2-R3 OFF)
- (5-10 min R1-R2 ON, R3 OFF)
- (10-15 min R1-R2-R3 ON)

TIEMPO	SENSO R1	SENSO R1	SENSO R2	SENSO R2	SENSO R3	SENSO R3
0	32.44	31.80	31.53	32.09	31.55	32.72
	32.44	30.78	31.53	32.09	31.55	32.72
	32.44	30.78	31.53	32.09	31.55	32.72
	32.44	30.78	31.53	33.11	31.55	33.74
	32.44	32.82	31.53	33.11	32.56	32.72
	33.46	35.88	31.53	32.09	30.53	31.70
	32.44	35.88	31.53	32.09	32.56	33.74
1 MIN	32.44	33.84	31.53	32.09	31.55	32.72
	37.54	32.82	32.55	33.11	31.55	32.72
	36.52	37.91	31.53	32.09	31.55	32.72
	36.52	37.91	31.53	32.09	32.56	31.70
	37.54	38.93	31.53	33.11	31.55	32.72
	37.54	39.95	32.55	33.11	32.56	31.70
2 MIN	37.54	39.95	31.53	32.09	31.55	32.72
	37.54	40.97	31.53	32.09	31.55	32.72
	37.54	40.97	32.55	33.11	32.56	32.72
	38.56	40.97	31.53	33.11	31.55	31.70
	38.56	41.99	31.53	33.11	31.55	31.70
	38.56	43.01	31.53	32.09	31.55	31.70
3 MIN	39.58	43.01	31.53	32.09	31.55	31.70
	39.58	43.01	32.55	33.11	31.55	31.70
	40.60	44.03	31.53	32.09	31.55	32.72
	40.60	45.05	31.53	32.09	31.55	31.70
	39.58	44.03	31.53	32.09	31.55	31.70
	40.60	45.05	31.53	32.09	32.56	32.72
4 MIN	40.60	45.05	32.55	32.09	31.55	31.70
	40.60	46.07	31.53	32.09	31.55	31.70
	40.60	46.07	31.53	33.11	32.56	31.70
	40.60	46.07	31.53	32.09	31.55	31.70

	38.56	47.09	31.53	32.09	31.55	31.70
	42.64	47.09	31.53	31.07	31.55	31.70
5 MIN	42.64	47.09	31.53	32.09	31.55	31.70
	42.64	47.09	31.53	32.09	31.55	32.72
	41.62	48.11	31.53	32.09	31.55	31.70
	42.64	48.11	31.53	32.09	31.55	31.70
	42.64	48.11	32.55	32.09	31.55	31.70
	43.65	48.11	32.55	32.09	31.55	31.70
6 MIN	42.64	48.11	31.53	32.09	31.55	31.70
	43.65	49.12	31.53	32.09	31.55	31.70
	42.64	49.12	31.53	32.09	31.55	32.72
	43.65	49.12	31.53	31.07	31.55	32.72
	43.65	49.12	31.53	32.09	31.55	31.70
	44.67	49.12	31.53	32.09	31.55	31.70
7 MIN	43.65	49.12	31.53	32.09	31.55	31.70
	44.67	49.12	31.53	32.09	31.55	31.70
	45.69	49.12	32.55	32.09	31.55	31.70
	45.69	50.14	31.53	32.09	31.55	32.72
	44.67	50.14	31.53	32.09	31.55	31.70
	44.67	50.14	32.55	32.09	30.53	31.70
8 MIN	45.69	50.14	31.53	32.09	31.55	32.72
	45.69	50.14	32.55	32.09	31.55	32.72
	46.71	51.16	33.57	32.09	31.55	31.70
	45.69	50.14	33.57	32.09	31.55	31.70
	46.71	51.16	33.57	32.09	32.56	31.70
	46.71	51.16	33.57	32.09	31.55	31.70
9 MIN	46.71	52.18	33.57	32.09	31.55	31.70
	46.71	52.18	34.59	32.09	31.55	31.70
	46.71	51.16	34.59	32.09	31.55	31.70
	46.71	52.18	34.59	32.09	31.55	31.70
	46.71	52.18	35.61	32.09	31.55	31.70
	46.71	52.18	35.61	33.11	32.56	32.72
10 MIN	47.73	52.18	36.63	32.09	31.55	31.70
	47.73	53.20	36.63	32.09	31.55	31.70
	48.75	53.20	36.63	33.11	31.55	31.70
	47.73	53.20	35.61	33.11	31.55	31.70
	48.75	53.20	36.63	34.13	31.55	31.70
	48.75	53.20	37.65	32.09	31.55	31.70
11 MIN	48.75	53.20	40.71	39.22	32.56	31.70
	48.75	53.20	39.69	40.24	31.55	31.70
	48.75	54.22	39.69	41.26	31.55	31.70
	48.75	53.20	40.71	42.28	31.55	31.70
	48.75	54.22	41.73	43.30	31.55	32.72
	48.75	54.22	41.73	42.28	31.55	32.72
12 MIN	48.75	54.22	42.75	43.30	31.55	31.70
	48.75	54.22	42.75	44.32	31.55	31.70

	48.75	55.24	42.75	44.32	30.53	31.70
	49.77	54.22	43.76	44.32	32.56	32.72
	49.77	53.84	44.78	45.34	33.58	31.70
	48.75	53.84	44.78	45.34	32.56	32.72
13 MIN	49.77	53.84	44.78	45.34	33.58	32.26
	49.77	53.84	45.80	46.36	34.60	34.58
	49.77	54.22	45.80	46.36	32.56	35.53
	49.77	54.22	45.80	46.36	32.56	37.59
	49.77	54.22	46.82	46.36	35.62	38.95
	49.77	54.22	46.82	46.36	34.60	39.68
14 MIN	49.77	54.47	46.82	47.38	37.66	42.69
	49.77	54.47	47.84	48.40	37.66	45.89
	49.77	54.89	47.84	48.40	38.68	47.87
	49.77	54.89	47.84	48.40	39.70	48.89
	49.77	55.38	48.86	48.40	40.71	50.35
	49.77	56.09	48.86	49.42	42.75	51.37
15 MIN	49.77	55.38	48.86	49.42	43.77	52.40

GRAFICA SENSADO DEL SISTEMA DE CULTIVO DE LOMBRICES POR TRANSMISION DE CALOR



ANEXOS

Fig.1 soporte hexagonal - base



Fig.2 soporte hexagonal superior



Fig.3 soporte hexagonal entre los pisos



Fig.4 soporte vertical entre los pisos



Fig.5 soporte vertical - base



Fig.6 base de las taras



Fig.7 taras plásticas



Fig.8 vista de uno de los pisos armados



Fig.9 vista piso superior armado



Fig.10 unión entre el sistema de riego



Fig.11 Sistema de riego intermedio



Fig.12 Sistema de riego Inferior

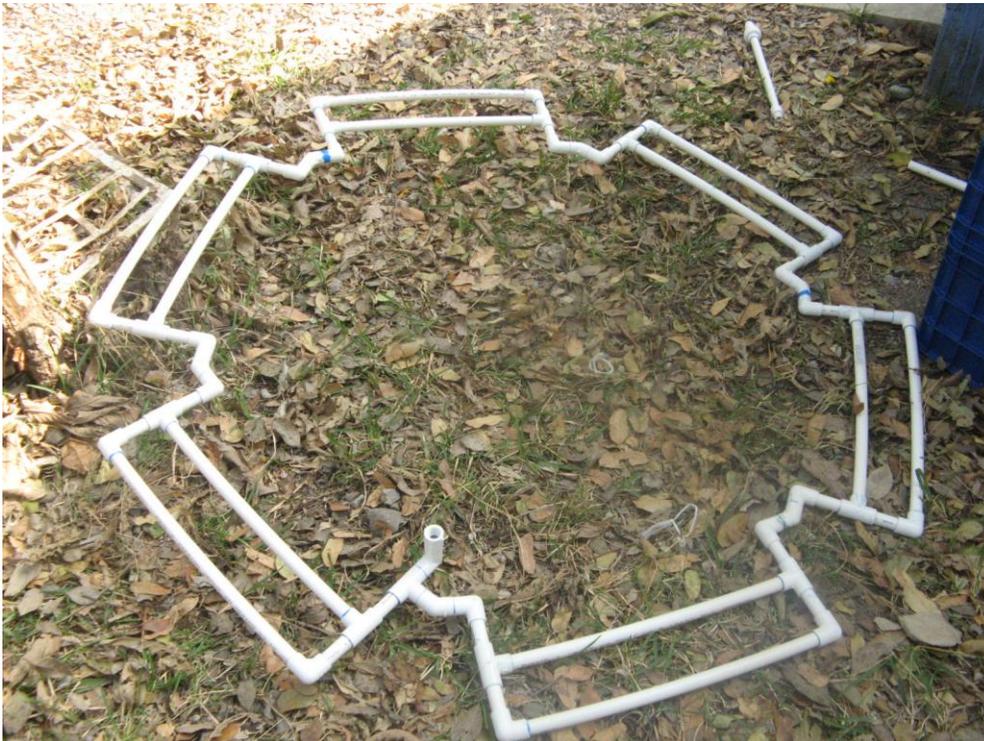


Fig.13 Vista completa de la torre

