

TESIS 004 VIZUETE

# Ficha: 2684

**ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO**  
**SEDE LATACUNGA**

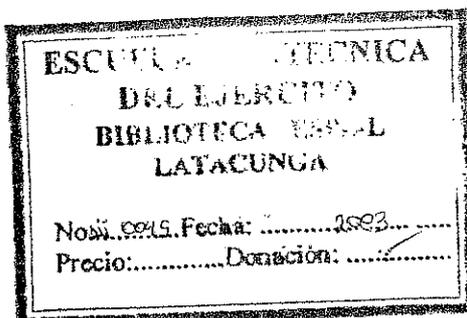
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E**  
**INFORMATICA**

**CONTROL Y ANÁLISIS DE UN INVERNADERO MEDIANTE UN**  
**SISTEMA DIFUSO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN**  
**SISTEMAS E INFORMATICA**

**JAIME RODRIGO VIZUETE QUEVEDO**

Latacunga, Julio 2003



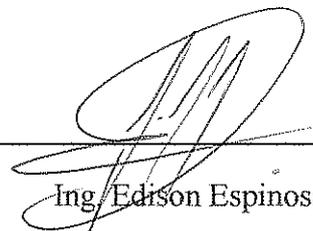
## CERTIFICACION

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por Jaime Rodrigo Vizúete Quevedo, bajo nuestra supervisión.



---

Ing. José Luis Carrillo  
DIRECTOR DE PROYECTO



---

Ing. Edison Espinosa  
CODIRECTOR DE PROYECTO

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que me ayudaron a desarrollar este proyecto, las cuales me brindaron su apoyo incondicional ya sea con conocimientos o con una frase de aliento, ya que sin ellos no hubiera sido posible culminar el mismo.

Además quiero expresar mi agradecimiento más sincero al Ing. José María Rodríguez, por haberme brindado sus conocimientos en una forma desinteresada.

Rodrigo  
(Giogo)

## DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto, principalmente a mi Madre, ya que ella a sido el apoyo más grande que e tenido en mi vida, ella a sido la base de mi formación y por ella soy lo que ahora soy. Además quiero dedicarlo a todas esas personas que siempre han estado a mi lado apoyándome y alentándome a salir adelante y conseguir mis metas, les pido disculpas por no poner sus nombres en esta DEDICATORIA ya que la lista se haría larga pero todos y cada uno de ellos saben que están aquí incluidos, y por ultimo quiero dedicarle a todas las personas de mi País y del Mundo, ya que con este proyecto espero mejorar parte de las labores de las personas y ayudar a que nuestro País cada día sea más competitivo, y adentrarnos cada vez más en un futuro lleno de tecnología que nos está esperando y que está a nuestro alcance si así lo quisieramos.

Rodrigo

(Giogo)

# INDICE

## I.- INTRODUCCIÓN

1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA	1
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO	1
1.3 FACTORES DE ÉXITO DEL PROYECTO	2

## II.- MARCO TEORICO

2.1 EL CULTIVO DE FLORES BAJO INVERNADERO	3
2.1.1 INVERNADEROS	3
2.1.2 VENTAJAS	4
2.1.3 COSTOS Y VARIEDADES	5
2.1.4 CULTIVO DE ROSAS BAJO INVERNADERO	6
2.1.5 ESTUDIO TÉCNICO DE AMBIENTACION CLIMÁTICA	8
2.1.6 CONSTRUCCION DEL INVERNADERO	9
2.1.7 MANEJO DE LA PLANTACIÓN	10
2.1.8 INVERNADEROS DE CLIMAS FRIOS	11
2.1.9 INVERNADEROS DE CLIMAS CALIDOS	12
2.2 LOGICA DIFUSA	13
2.2.1 CONJUNTOS DIFUSOS	15
2.2.2 OPERACIONES ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS	18
2.2.3 VARIABLES LINGÜÍSTICAS	18
2.3 LA ENCUESTA	19
2.3.1 INTRODUCCION	19
2.3.2 TIPOS DE ENCUESTA	21
2.3.3 CRITERIOS EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE ENCUESTA	23
2.3.4 EL DISEÑO DEL CUESTIONARIO	24

2.4	SENSORES	30
2.4.1	SENSOR DE TEMPERATURA	30
2.4.2	SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA	32
2.5	CONVERSORES	32
2.5.1	CONVERSION ANALOGO A DIGITAL	33
2.6	MULTIPLEXORES	33
2.6.1	TIPOS DE MULTIPLEXORES	35
<b>III.- ANÁLISIS</b>		
3.1	INTRODUCCION	40
3.2	ESPECIFICACION DE REQUISITOS DE SOFTWARE	41
3.3	DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA	43
3.4	DIAGRAMAS DE PROCESOS	43
3.5	DEFINICION DE PSEUDO CODIGO	46
3.6	MODELO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO	46
<b>IV.- DISEÑO</b>		
4.1	CODIFICACION EN C Y VISUAL BASIC	50
4.2	CREACION DE LA BASE DE CONOCIMIENTO (SCRIPT)	50
4.3	INTERFAZ DEL SISTEMA	57
<b>V.- PRUEBAS</b>		
5.1	POR SIMULACIÓN	59
5.2	RESULTADO DE LAS PRUEBAS	59
<b>VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		
6.1	CONCLUSIONES	61
6.2	RECOMENDACIONES	62

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>63</b>
<b>ANEXO A: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA</b>	<b>64</b>
<b>ANEXO B: SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA HIH-3610-001</b>	<b>66</b>
<b>ANEXO C: CONVERTIDOR ANÁLOGO A DIGITAL ADC0809</b>	<b>71</b>
<b>ANEXO D: CODIFICACIÓN SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS</b>	<b>86</b>
<b>ANEXO E: CODIFICACIÓN SISTEMA EN VISUAL BASIC</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO F: MANUAL DE USUARIO</b>	<b>109</b>

# I.- INTRODUCCIÓN

## 1.1 IMPORTANCIA DEL TEMA

El presente proyecto tiene como objetivo mejorar y garantizar el cuidado que requiere la producción de rosas de un invernadero, manteniendo una vigilancia constante de la temperatura y humedad relativa dentro del mismo, lo cual nos ayudará a obtener un producto de buena calidad y por ende una mejor competitividad en los mercados nacionales e internacionales.

El sistema propuesto mantendrá una vigilancia constante de la temperatura y humedad relativa dentro del invernadero la cual será sensada por dispositivos construidos para el caso, los cuales estarán colocados en sitios estratégicos para tener una dato lo mas acercado a la realidad que sea posible; dicho dato sea enviado al computador, el cual procesará esta información en base al conocimiento que obtuvimos del experto, que en este caso fue un Ingeniero Agrónomo, según la necesidad se activaran dispositivos que ayuden a mantener la temperatura y humedad ideal dentro del invernadero.

Por lo mencionado anteriormente, cabe destacar que con la realización de este proyecto se esta tratando de ayudar a mejorar la producción ya que siempre se mantendrá vigilado y se tomaran las acciones correctivas en el momento que se las necesite.

## 1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

### a. Objetivo general

Desarrollar un sistema (PROTOTIPO) que controle la temperatura y humedad relativa de un invernadero mediante la utilización de Lógica Difusa.

#### **b. Objetivos Específicos**

- Analizar la construcción de un Sistema Difuso (PROTOTIPO) para el control de temperatura y humedad dentro de un invernadero.
- Diseñar el Sistema Difuso (PROTOTIPO) para el control de temperatura y humedad dentro de un invernadero.
- Construir el Sistema Difuso (PROTOTIPO) para el control de temperatura y humedad dentro de un invernadero.
- Realizar la instalación y pruebas necesarias al Sistema Difuso (PROTOTIPO) para el control de temperatura y humedad dentro de un invernadero.

### **1.3 FACTORES DE ÉXITO DEL PROYECTO**

Como se pudo leer anteriormente la lógica difusa es un herramienta poderosa para la toma de decisiones, esto unido al estudio sobre el cultivo de rosas, nos dará como resultado un sistema muy eficiente para el control y análisis de este tipo de cultivo, ya que la lógica difusa introducida en este tipo de sistemas siempre va a mantener controlados y vigilados los parámetros de temperatura y humedad relativa que están contemplados en la creación de este sistema, de esta manera nosotros podemos garantizar al dueño de la plantación de que su cultivo siempre va a estar vigilado y siempre se va a encontrar dentro de los límites ideales de temperatura y humedad relativa que necesita el cultivo, aportando de esta manera a que se de un producto de muy buena calidad, el cual va a engrandecer la competitividad del mismo a nivel nacional e internacional.

## II.- MARCO TEORICO

### 2.1 EL CULTIVO DE FLORES BAJO INVERNADERO

En los últimos años la incorporación de tecnología de punta en la producción de flores en el Ecuador, ha favorecido radicalmente su producción. Los invernaderos en ese sentido no son la excepción, su papel fundamental como regulador interno del microclima que ahí se produce, mas una serie de ventajas que han optimizado el rendimiento del suelo y la calidad del producto, son características que con su desarrollo lo han convertido en una herramienta fundamental en las plantaciones florícolas del país.

#### 2.1.1 INVERNADEROS

Dentro de las múltiples funciones que cumple un invernadero, quizás una de las más importantes es la de proteger, dadas sus características estructurales, adecuado con cubiertas, cortinas laterales y cenitales, plástico de polietileno especial y un espacio cerrado; sus ventajas son evidentes, protege a la planta de rayos solares perjudiciales y ayuda a la difusión de rayos beneficiosos al cultivo ante las inclemencias del medio ambiente.

Gracias a la utilización de un plástico de polietileno, que contiene aditivos especiales, se cubre en su totalidad al invernadero, con ello se logra bloquear y controlar a los rayos ultravioletas que son perjudiciales para el cultivo. Adicionalmente el plástico permite el paso y la difusión de rayos benéficos como los PAR, Radiación Fotosintética Activa y los rayos de infrarroja corta, que en la noche regresan al rebotar en las plantas y el suelo en longitud de onda larga a la atmósfera, pero que gracias a este sistema, estos son retenidos, provocando así el «efecto invernadero», en las noches, que determinan la temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo de la flor.

Los aditivos especiales del plástico van trabajados e incluidos dentro del proceso de elaboración del mismo, los mas utilizados están hechos a base de níquel, plásticos amarillos que poseen la característica de bloquear rayos ultra violeta; mientras que los plásticos claros, hechos a base de acetato de polietileno, que poseen propiedades caloríficas, le dan rasgo de termicidad al plástico.

### 2.1.2 VENTAJAS

Son múltiples las ventajas y beneficios que se obtienen al trabajar con invernaderos, pero tal vez una de las más importantes de este proceso es la creación de un microclima dentro de este espacio, que le brinda al agricultor la posibilidad de controlar la temperatura mínima y optima muy valiosa para el desarrollo del cultivo. Con ello evitamos el stress de la planta por estas variaciones de temperatura, provocando consecuentemente que en el caso de las flores, éstas tengan un desarrollo metabólico, fisiológico y biológico que les permita una buena producción.

Bajo la técnica de invernadero, la temperatura es totalmente controlable, si bien es cierto que varia según la región y la hora del día. En el caso de las flores cultivadas en la provincia de Cotopaxi a 3600 metros de altura y bajo una temperatura exterior de 18° C, el interior del invernadero se conserva cálido a una temperatura de 25 grados centígrados, lo que no representa ningún riesgo para la flor. Cuanto más baja es la temperatura exterior, la temperatura en el invernadero baja, y de igual forma cuando esta aumenta, con la particularidad que para ello se utilizan sistemas de nebulización que se colocan en la parte superior del invernadero, que tienen alta presión y el volumen de gota es muy pequeño; a los quince minutos de su encendido se logra bajar de tres a cuatro grados de temperatura, lo importante es que siempre mantiene el delta promedio ideal para su crecimiento.

El control de la humedad es otra de las ventajas cuando se manejan plantaciones bajo invernadero; a través de este factor se puede incidir sobre el

proceso de fecundación de las flores, el polen de las antenas cuando se mantiene bajo una buena humedad, va a bajar el pistilo de la flor femenina y se va a dar la germinación de esa espora.

Contrariamente a lo que sucede cuando se tiene un suelo seco, en donde no se da la fecundación.

En el caso de existir mucha humedad, el polen se queda apeimazado, no se desprende de las antenas y no se produce la fecundación, entonces se dará la proliferación de enfermedades fungosas. Todo ello fácilmente controlable por medio del movimiento de cortinas del invernadero laterales y cenitales, dando ventilación al cultivo.

Otra de las ventajas que se aprovecha en un invernadero, es que ayuda en su proceso de fotosíntesis, ideal para la formación de azúcares que son la fuente de energía para el crecimiento del producto.

### 2.1.3 COSTOS Y VARIEDADES

Existen diferentes tipos de invernaderos, el metálico tiene un tiempo de vida útil de veinte años, posee una mayor luminosidad, ya que trabaja con columnas de apenas dos pulgadas, lo que evita la sombra dentro del invernadero, no es muy tejido como el de madera, sus bases están sobre concreto y son desarmables; lógicamente su costo es mas alto (6 y 7 dólares por metro cuadrado).

Están también los de cerca mixta, es decir la estructura metálica y la parte de la cubierta de madera, por su tipo de material debe ser renovado y su costo varía entre 4.10 y 4.90 dólares por metro cuadrado; los de madera a un costo de 3 dólares, que son los más económicos, tienen el inconveniente que por su deterioro, a los cuatro años deben ser renovados íntegramente.

Actualmente empresas como Aceropaxi comercializan el invernadero curvo, recomendable para zonas donde hay problemas de temperatura alta, ya que tiene gran capacidad de circulación de aire, el invernadero semicurvo, con menor capacidad de aire es recomendado para zonas frías, ideal para plantaciones de flores; existe también el invernadero Túnel, completamente circular, sin apertura cenital, se lo recomienda para producción de plantas, es decir para germinadores.

Así mismo están en el mercado invernaderos tipo vientre de sierra que tiene gran ventilación, con una apertura cenital entre 80 a 90 cm; sirven para la costa por su gran capacidad de ventilación, ideal para cultivos de melón y sandía.

Es de indicar que el invernadero ecuatoriano es uno de los de mayor tecnología, su calidad es reconocida a nivel internacional, en países de Centro y Sudamérica.

Enunciamos tres puntos básicos si va a trabajar con invernaderos:

1. No se puede trabajar con cualquier variedad de híbridos, deben ser especiales para invernaderos, que tengan crecimiento intensivo mas que extensivo.
2. Es importante saber manejar el microclima.
3. Se debe tener un buen manejo de las labores técnicas. Recuerde: el invernadero no trabaja por si solo, el asesoramiento técnico es importante.

#### 2.1.4 CULTIVO DE LAS ROSAS BAJO INVERNADERO

Con el cultivo de rosa bajo invernadero se consigue producir flor en épocas y lugares en los que de otra forma no sería posible, consiguiendo los mejores precios. Para ello, estos invernaderos deben cumplir unas condiciones mínimas: la transmisión de luz debe ser adecuada, la altura tiene que ser considerable y la ventilación en los meses calurosos debe de ser buena. Además,

es recomendable la calefacción durante el invierno, junto con la instalación de mantas térmicas para la conservación del calor durante la noche.

#### 2.1.4.1 Preparación Del Suelo

Para el cultivo de rosas el suelo debe estar bien drenado y aireado para evitar encharcamientos, por lo que los suelos que no cumplan estas condiciones deben mejorarse en este sentido, pudiendo emplear diversos materiales orgánicos.

Las rosas toleran un suelo ácido, aunque el pH debe mantenerse en torno a 6. No toleran elevados niveles de calcio, desarrollándose rápidamente las clorosis debido al exceso de este elemento. Tampoco soportan elevados niveles de sales solubles, recomendándose no superar el 0,15 %.

La desinfección del suelo puede llevarse a cabo con calor u otro tratamiento que cubra las exigencias del cultivo. En caso de realizarse fertilización de fondo, es necesario un análisis de suelo previo.

#### 2.1.4.2 Iluminación

El índice de crecimiento para la mayoría de los cultivares de rosa sigue la curva total de luz a lo largo del año. Así, en los meses de verano, cuando prevalecen elevadas intensidades luminosas y larga duración del día, la producción de flores es más alta que durante los meses de invierno. No obstante, a pesar de tratarse de una planta de días largos, es necesario el sombreo u oscurecimiento durante el verano e incluso la primavera y el otoño, dependiendo de la climatología del lugar, ya que elevadas intensidades luminosas van acompañadas de un calor intenso. La primera aplicación del oscurecimiento deberá ser ligera, de modo que el cambio de la intensidad luminosa sea progresivo.

Se ha comprobado que en lugares con días nublados y nevadas durante el invierno, podría ser ventajosa la iluminación artificial de las rosas, debido a un aumento de la producción, aunque siempre hay que estudiar los aspectos económicos para determinar la rentabilidad (Hasek , 1988).

#### 2.1.4.3 Temperatura

Para la mayoría de los cultivos de rosa, las temperaturas óptimas de crecimiento son de 17 °C a 25 °C, con una mínima de 15 °C durante la noche y una máxima de 28 °C durante el día. Pueden mantenerse valores ligeramente inferiores o superiores durante períodos relativamente cortos sin que se produzcan serios daños, pero una temperatura nocturna continuamente por debajo de 15 °C retrasa el crecimiento de la planta, produce flores con gran número de pétalos y deformes, en el caso de que abran. Temperaturas excesivamente elevadas también dañan la producción, apareciendo flores más pequeñas de lo normal, con escasos pétalos y de color más cálido.

#### 2.1.5 ESTUDIO TÉCNICO DE AMBIENTACIÓN CLIMÁTICA

Si se tiene en cuenta que las plantas son seres vivos, mal pudiera dejarse a la improvisación un aspecto tan clave como la creación de su microclima. Si en el espacio cerrado no se crea un microclima favorable al desarrollo de las plantas, por supuesto que la productividad se reduce.

Las plantas tienen unos rangos de temperaturas y humedad relativa dentro de los cuales producen eficientemente. Por debajo o por encima del rango establecido, ellas se estresan y su productividad declina. Existen también los niveles de tolerancia a partir de los cuales se detiene el proceso fotosintético.

Estos factores tan claves no son a menudo tenidos en cuenta por quienes hacen sus invernaderos y se encuentran algunos que, por errores de diseño, tienen niveles de humedad relativa altísimos que contribuyen al desarrollo de

plagas y enfermedades, lo cual induce a aplicar más agroquímicos que lo normal, elevando los costos de operación y reduciendo la calidad de los frutos. Adicionalmente, el exceso de humedad bloquea la polinización y estos productores pierden gran parte de la cosecha ya que por esa razón las flores no se transforman en frutos o se producen malformaciones en los mismos que los convierten en rechazo.

Otros aspectos importantísimos en un invernadero, que son frecuentemente ignorados debido a la improvisación, están relacionados con el viento:

En un invernadero de ambientación climática natural, el único motor que cumple la función de regulador de temperaturas y humedad relativa es el viento. Este, a la vez que cumple una función vital en la polinización, expulsa los excedentes de humedad y reduce los excesos de temperatura.

Eso explica que en su diseño tienen que considerarse la altura del invernadero y las dimensiones de las aperturas cenitales para que exista, en ese espacio, el volumen de aire requerido y se produzca la renovación necesaria.

#### 2.1.6 CONSTRUCCIÓN DEL INVERNADERO

En la construcción también se incurre frecuentemente en diversos errores que pudieran ser evitados con estudio, diseño y planos.

Los traslapes son en ocasiones muy cortos y quedan espacios que permiten filtraciones de agua. Igual sucede con los canales que no tienen la cavidad correcta o la extensión adecuada. Valga decir que los principales problemas que confronta una plantación se derivan del exceso de humedad. La humedad debe ser absolutamente controlada.

La humedad debe ser absolutamente controlada.

### 2.1.7 MANEJO DE LA PLANTACIÓN

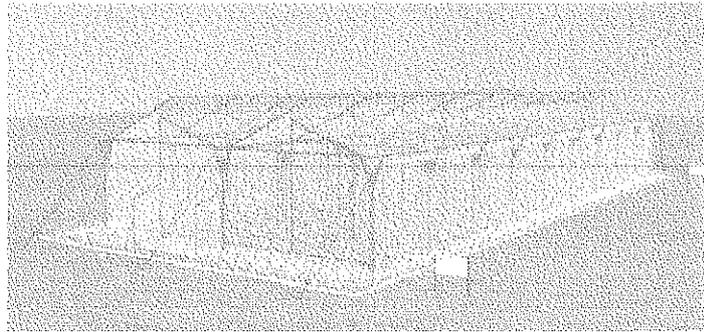
Gravísimos problemas de plagas, enfermedades, alta humedad y altísimas temperaturas se producen debido a errores en la densidad de siembra que son muy comunes en nuestro medio.

Algunas personas piensan que sembrando más plantas que las recomendables, o que manejando dos ejes, obtienen mas cosecha y se lanzan a la aventura de crear en el invernadero una selva por la que no se puede caminar para realizar las labores sin dañar flores, frutos y tallos, además de que generan un microclima inapropiado. En ese exceso de follaje se bloquea el paso de la luz que es el factor vital para la fotosíntesis, se hace barrera al viento limitando la polinización, aumentando la humedad y la temperatura, con lo cual lo que se consigue es bajar la productividad y aumentar los costos.

Los invernaderos pueden construirse de madera, caña guadúa, mixtos o metálicos y cumplen la función de crear un microclima perfectamente controlable que permita mantener la temperatura y humedad relativa más apropiadas para el proceso fotosintético de un cultivo específico, reduciendo los riesgos y los costos globales, aprovechando mejor los espacios, incrementando la productividad y mejorando la calidad de los productos.

En síntesis, la recomendación es la de hacer, para cada caso, un estudio previo de ambientación climática que permita obtener buenos resultados tanto en el campo económico como en el aspecto ambiental y de la salud humana.

### 2.1.8 INVERNADEROS DE CLIMAS FRIOS



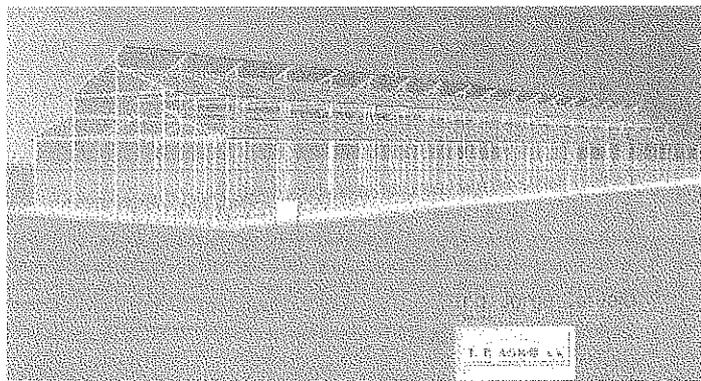
Invernadero de madera diseñado para clima frío con propensión a heladas.

De las notas anteriores queda claramente establecido que ningún invernadero debe ser igual a otro a no ser que halla una coincidencia perfecta en los factores claves del microclima tales como temperatura, humedad relativa y régimen de vientos.

La clonación o copia de otro invernadero sin ningún estudio ha sido la causa principal de los grandes problemas de productividad que tienen muchos horticultores.

Este factor diferenciador se maximiza en la misma medida de las diferencias climáticas. Por esa razón el invernadero para climas fríos es totalmente diferente en su concepción del invernadero para climas cálidos, éste debe tener características de abrigo y debe potencialmente ser capaz de retener y almacenar radiación infrarroja emanada por el suelo y las plantas para proteger al cultivo en momentos de extremo frío o de heladas.

### 2.1.9 INVERNADEROS DE CLIMAS CALIDOS



Invernadero de caña guadua diseñado para clima cálido.

Los invernaderos concebidos para climas cálidos tienen que ser diametralmente opuestos a los de clima frío, éstos deben ser muy ventilados, aprovechar al máximo el efecto Vénturi para aumentar la ventilación y almacenar un gran volumen de masas de aire

Durante años se ha mantenido en algunos países el paradigma de que los sistemas de cultivos bajo cubierta son posibles solamente en zonas frías.

Para desvirtuar este concepto valga leer el fragmento que presentamos a continuación de uno de los capítulos de las conclusiones del decimosegundo congreso internacional de plásticos en la agricultura, celebrado en Granada.

## 2.2 LÓGICA DIFUSA

La Lógica Difusa, que hoy en día se encuentra en constante evolución, nació en los años 60 como la lógica del razonamiento aproximado, y en ese sentido podía considerarse una extensión de la Lógica Multivaluada. La Lógica Difusa actualmente está relacionada y fundamentada en la teoría de los Conjuntos Difusos. Según esta teoría, el grado de pertenencia de un elemento a un conjunto va a venir determinado por una función de pertenencia, que puede tomar todos los valores reales comprendidos en el intervalo  $[0,1]$ . La representación de la función de pertenencia de un elemento a un Conjunto Difuso se representa según la figura 1.2.

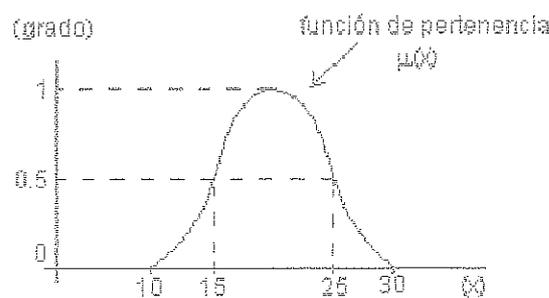


Figura 1.2. Ejemplo de una función de pertenencia a un Conjunto Difuso.

Los operadores lógicos que se utilizarán en Lógica Difusa (AND, OR, etc.) se definen también usando tablas de verdad, pero mediante un "principio de extensión" por el cual gran parte del aparato matemático clásico existente puede ser adaptado a la manipulación de los Conjuntos Difusos y, por tanto, a la de las variables lingüísticas.

La operación más importante para el desarrollo y creación de Reglas Lógicas es la implicación, simbolizada por " $\square$ " que representa el "Entonces" de las reglas heurísticas: Si (...) Entonces ( $\square$ ) (...).

Así, en la Lógica Difusa hay muchas maneras de definir la implicación. Se puede elegir una "función (matemática) de implicación" distinta en cada caso para representar a la implicación.

La última característica de los sistemas lógicos es el *procedimiento de razonamiento*, que permite inferir resultados lógicos a partir de una serie de antecedentes. Generalmente, el razonamiento lógico se basa en silogismos, en los que los antecedentes son por un lado las proposiciones condicionales (nuestras reglas), y las observaciones presentes por otro (serán las premisas de cada regla).

Los esquemas de razonamiento utilizados son "esquemas de razonamiento aproximado", que intentan reproducir los esquemas mentales del cerebro humano en el proceso de razonamiento. Estos esquemas consistirán en una generalización de los esquemas básicos de inferencia en Lógica Binaria (silogismo clásico).

Tan importante será la selección de un esquema de razonamiento como su representación material, ya que el objetivo final es poder desarrollar un procedimiento analítico concreto para el diseño de controladores difusos y la toma de decisiones en general.

Una vez que dispongamos de representaciones analíticas de cada uno de los elementos lógicos que acabamos de enumerar, estaremos en disposición de desarrollar formalmente un controlador "heurístico" que nos permita inferir el control adecuado de un determinado proceso en función de un conjunto de reglas "lingüísticas", definidas de antemano tras la observación de la salida y normas de funcionamiento de éste.

## 2.2.1 CONJUNTOS DIFUSOS: LÓGICA DIFUSA PREDICADOS VAGOS Y CONJUNTOS DIFUSOS

Los conjuntos clásicos se definen mediante un predicado que da lugar a una clara división del Universo de Discurso  $X$  en los valores "Verdadero" y "Falso". Sin embargo, el razonamiento humano utiliza frecuentemente predicados que no se pueden reducir a este tipo de división: son los denominados *predicados vagos*.

Por ejemplo, tomando el Universo de Discurso formado por todas las posibles temperaturas ambientales en la ciudad de Huelva, se puede definir en dicho universo el conjunto  $A$  como aquél formado por las temperaturas "cálidas".

Por supuesto, es imposible dar a  $A$  una definición clásica, ya que su correspondiente predicado no divide el universo  $X$  en dos partes claramente diferenciadas. No podemos afirmar con rotundidad que una temperatura es "cálida" o no lo es. El problema podría resolverse en parte considerando que una temperatura es "cálida" cuando su valor supera cierto umbral fijado de antemano. Se dice que el problema tan sólo se resuelve en parte, y de manera no muy convincente, por dos motivos: de una parte el umbral mencionado se establece de una manera arbitraria, y por otro lado podría darse el caso de que dos temperaturas con valores muy diferentes fuesen consideradas ambas como "cálidas". Evidentemente, el concepto "calor" así definido nos daría una información muy pobre sobre la temperatura ambiental.

La manera más apropiada de dar solución a este problema es considerar que la pertenencia o no pertenencia de un elemento  $x$  al conjunto  $A$  no es absoluta sino gradual. En definitiva, definiremos  $A$  como un Conjunto Difuso. Su función de pertenencia ya no adoptará valores en el conjunto discreto  $\{0,1\}$  (lógica booleana), sino en el intervalo cerrado  $[0,1]$ . En conclusión podemos observar que los Conjuntos Difusos son una generalización de los conjuntos clásicos.

Mediante notación matemática se define un Conjunto Difuso B como:

$$B = \{ (x, \mu_B(x)) / x \in X \}$$
$$\mu_B: X \rightarrow [0,1]$$

La función de pertenencia se establece de una manera arbitraria, lo cual es uno de los aspectos más flexibles de los Conjuntos Difusos. Por ejemplo, se puede convenir que el grado de pertenencia de una temperatura de "45°C" al conjunto A es 1, el de "25°C" es 0.4 , el de "6°C" es 0, etc.: cuanto mayor es el valor de una temperatura, mayor es su grado de pertenencia al conjunto B.

Para operar en la práctica con los Conjuntos Difusos se suelen emplear funciones de pertenencia del tipo representado en la figura 1.3:

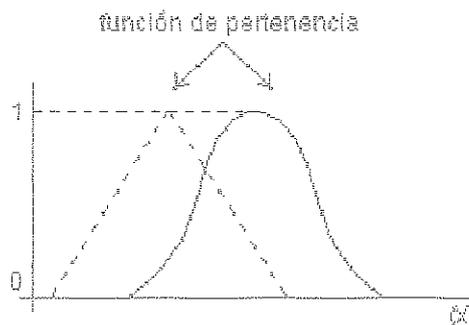


Figura 1.3. Tipos de funciones de pertenencia.

En la figura se pueden observar dos tipos de funciones de pertenencia de todos los posibles: el tipo triangular, que puede ser un caso concreto del trapecoidal en el que los dos valores centrales son iguales, y el de forma de campana gaussiana.

Tómese ahora el Universo de Discurso de la edad. El Conjunto Difuso "Joven" representa el grado de pertenencia respecto al parámetro juventud que tendrían los individuos de cada edad. Es decir, el conjunto expresa la posibilidad de que un individuo sea considerado joven. Un Conjunto Difuso podría ser

considerado como una distribución de posibilidad, que es diferente a una distribución de probabilidad.

Se puede observar que los Conjuntos Difusos de la figura 1.4 se superponen, por lo que un individuo  $x_i$  podría tener distintos grados de pertenencia en dos conjuntos al mismo tiempo: "Joven" y "Maduro". Esto indica que posee cualidades asociadas con ambos conjuntos. El grado de pertenencia de  $x$  en  $A$ , como ya se ha señalado anteriormente, se representa por  $\mu_A(x)$ . El Conjunto Difuso  $A$  es la unión de los grados de pertenencia para todos los puntos en el Universo de Discurso  $X$ , que también puede expresarse como:

$$A = \bigcup_x \frac{\mu_A(x)}{x}$$

Bajo la notación de los Conjuntos Difusos,  $\mu_A(x)/x$  es un elemento del conjunto  $A$ . La operación  $\bigcup_x$  representa la unión de los elementos difusos  $\mu_A(x)/x$ . Los Universos de Discurso con elementos discretos utilizan los símbolos "+" y " $\square$ " para representar la operación unión.

Veamos un ejemplo:

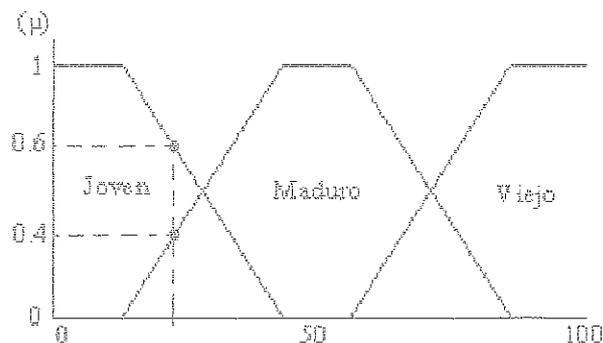


Figura 1.4. Ejemplo de Conjuntos Difusos en el universo de la edad.

Tómese un individuo  $x$  cuya edad sea de 20 años. Como se puede observar en la figura, pertenece al Conjunto Difuso "Joven" y al Conjunto Difuso "Maduro". Se puede observar que posee un grado de pertenencia  $\mu_A(x)$  de 0.6

para el Conjunto Difuso "Joven" y un grado de 0.4 para el Conjunto Difuso "Maduro"; también posee un grado de 0 para "Viejo". De este ejemplo se puede deducir que un elemento puede pertenecer a varios Conjuntos Difusos a la vez aunque con distinto grado. Así, nuestro individuo x tiene un grado de pertenencia mayor al conjunto "Joven" que al conjunto "Maduro" ( $0.6 > 0.4$ ), pero no se puede decir, tratándose de Conjuntos Difusos, que x es joven o que x es maduro de manera rotunda.

### 2.2.2 OPERACIONES ENTRE CONJUNTOS DIFUSOS

Los Conjuntos Difusos se pueden operar entre sí del mismo modo que los conjuntos clásicos. Puesto que los primeros son una generalización de los segundos, es posible definir las operaciones de intersección, unión y complemento haciendo uso de las mismas funciones de pertenencia:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x)$$

En realidad, estas expresiones son bastante arbitrarias y podrían haberse definido de muchas otras maneras. Esto obliga a considerar otras definiciones más generales para las operaciones entre los Conjuntos Difusos. En la actualidad se considera correcto definir el operador intersección mediante cualquier aplicación t-norma y el operador unión mediante cualquier aplicación s-norma. <

### 2.2.3 VARIABLES LINGÜÍSTICAS

La Teoría de Conjuntos Difusos puede utilizarse para representar expresiones lingüísticas que se utilizan para describir conjuntos o algoritmos. Los Conjuntos Difusos son capaces de captar por sí mismos la vaguedad lingüística de palabras y frases comúnmente aceptadas, como "gato pardo" o "ligero

cambio". La habilidad humana de comunicarse mediante definiciones vagas o inciertas es un atributo importante de la inteligencia.

Una Variable Lingüística es aquella variable cuyos valores son palabras o sentencias que van a enmarcarse en un lenguaje predeterminado. Para estas variables lingüísticas se utilizará un nombre y un valor lingüístico sobre un Universo de Discurso. Además, podrán dar lugar a sentencias generadas por reglas sintácticas, a las que se les podrá dar un significado mediante distintas reglas semánticas.

Los Conjuntos Difusos pueden utilizarse para representar expresiones tales como:

x es PEQUEÑO.

La velocidad es RÁPIDA.

El ganso es CLARO.

Las expresiones anteriores pueden dar lugar a expresiones lingüísticas más complejas como:

x no es PEQUEÑO.

La velocidad es RÁPIDA pero no muy RÁPIDA.

El ganso es CLARO y muy ALEGRE.

Así, se pueden ir complicando las expresiones. Por ejemplo, la expresión "x no es PEQUEÑO" puede calcularse a partir de la original calculando el complemento de la siguiente forma:

$$M_{\text{no\_PEQUEÑA}}(x) = 1 - M_{\text{PEQUEÑO}}(x)$$

Tratando de esta forma los distintos modificadores lingüísticos (muy, poco, rápido, lento...) pueden ir calculándose todas las expresiones anteriores.

## 2.3 LA ENCUESTA

### 2.3.1 INTRODUCCIÓN

Las encuestas corresponden con uno de los métodos más utilizados en la investigación debido, fundamentalmente, a que a través de las encuestas se puede recoger gran cantidad de datos tales como actitudes, intereses, opiniones, conocimiento, comportamiento (pasado, presente y pretendido), así como los datos de clasificación relativos a medidas de carácter demográfico y socio-económico. La captación de información a través de las encuestas se realiza con la colaboración expresa de los individuos encuestados y utilizando un cuestionario estructurado como instrumento para la recogida de la información.

Por tanto, la encuesta es un procedimiento utilizado en la investigación para obtener información mediante preguntas dirigidas a una muestra de individuos representativa de la población o universo de forma que las conclusiones que se obtengan puedan generalizarse al conjunto de la población siguiendo los principios básicos de la inferencia estadística, ya que la encuesta se basa en el método inductivo, es decir, a partir de un número suficiente de datos podemos obtener conclusiones a nivel general.

La principal ventaja de la encuesta frente a otras técnicas es su versatilidad o capacidad para recoger datos sobre una amplia gama de necesidades de información. Sin embargo, también presenta ciertas limitaciones o inconvenientes como son:

- La posible renuncia del encuestado a suministrar la información que se desea obtener.
- El encuestado puede ser incapaz de aportar la información requerida por múltiples motivos ( que no recuerde hechos, no los conozca , no distinga entre diferentes situaciones, etc.)
- El propio proceso de interrogación puede influir en las respuestas del encuestado por cansancio en el interrogatorio cuando se trata de

encuestas excesivamente largas, por dar respuestas socialmente aceptadas, etc.

Estas limitaciones o inconvenientes de la encuesta se pueden evitar o reducir a través de un exhaustivo control del instrumento de recopilación de la información, es decir, mediante un adecuado diseño del cuestionario.

### 2.3.2 TIPOS DE ENCUESTA

Existen tres métodos básicos para llevar a cabo las encuestas: personalmente, por teléfono o por correo. En la encuesta personal las preguntas se formulan en un encuentro directo entre encuestado y encuestador, en la encuesta telefónica la situación es similar salvo que la comunicación se realiza mediante el teléfono y en la encuesta postal se solicita a los encuestados que cumplimenten y devuelvan el cuestionario que se les envía por correo.

Estos diferentes tipos de encuesta presentan ventajas e inconvenientes que determinan el que su aplicación sea más recomendable ante determinadas situaciones. En la figura 1 resumimos las principales ventajas y limitaciones de la encuesta personal, telefónica y postal y en los siguientes epígrafes desarrollamos de forma pormenorizada las características más relevantes de cada uno de estos métodos de encuesta.

### Ventajas y Limitaciones de los Distintos Métodos de Encuestas

Método	Ventajas	Inconvenientes
Encuesta personal	<p>Elevado índice de respuesta</p> <p>Se conoce quién contesta</p> <p>Evita influencias de otras personas</p> <p>Se reducen las respuestas evasivas</p> <p>Facilita la utilización de material auxiliar</p> <p>Se pueden obtener datos secundarios por la observación</p>	<p>Coste elevado</p> <p>Sesgos por influencias del entrevistador</p> <p>Necesidad de controlar entrevistadores, para evitar errores o faltas por parte de los entrevistadores.</p>
Encuesta telefónica	<p>Rapidez en la obtención de datos</p> <p>Coste más reducido</p> <p>Permite entrevista a personas poco accesibles</p> <p>Elevado índice de respuesta</p> <p>(más que en la postal pero menos que en la personal)</p>	<p>Falta de representatividad de la muestra (personas que no están, que no tienen teléfono, etc.)</p> <p>Brevedad del cuestionario</p> <p>No se puede utilizar material auxiliar</p>
Encuesta postal	<p>Reducido coste</p> <p>Facilidad de acceso a las personas a encuestar</p> <p>Flexibilidad en el tiempo para el entrevistado (puede contestar en cualquier momento)</p> <p>Se evita la posible influencia del entrevistador</p>	<p>Bajo índice de respuesta</p> <p>No hay seguridad de quién contesta el formulario</p> <p>Necesidad de datos</p> <p>El cuestionario ha de ser reducido</p> <p>Falta de representatividad</p>

### 2.3.3 CRITERIOS EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE ENCUESTA

Una vez expuestas las anteriores consideraciones sobre los diferentes métodos de captar información a través de las encuestas, el problema de la elección idónea para la investigación depende, lógicamente, de los objetivos de la misma y de su adecuación en función de las ventajas y limitaciones que hemos señalado para cada uno de los métodos.

En relación a la versatilidad, factores como el mayor o menor número de preguntas que pueden incluirse en el cuestionario, la cantidad de datos que pueden obtenerse, el tipo de preguntas y la posibilidad de utilizar ayudas visuales como tarjetas, fotografías, etc. determinan que la encuesta personal sea mucho más flexible y permita obtener una mayor variedad de información que las encuestas telefónicas o postales.

Cuando el tiempo es un factor clave en la investigación, la encuesta telefónica, lógicamente, es la forma más rápida de obtener la información y si bien en la encuesta personal se puede incrementar el número de encuestadores para suplir las limitaciones de tiempo, en la práctica los problemas asociados con el adiestramiento, la coordinación y el control de un grupo excesivamente numeroso hacen que no sea ni factible ni económicamente rentable aumentar el número de encuestadores. En la encuesta postal resulta imposible acortar el tiempo que transcurre desde que se envían los cuestionarios hasta que se devuelven cumplimentados.

Con respecto al coste y en términos generales, la encuesta postal es la más económica, y la personal la más costosa. No obstante, pueden haber excepciones en función del tamaño del cuestionario, lugar de residencia de los individuos que constituyen la muestra, tarifas telefónicas, etc.

En lo que a la precisión del método utilizado se refiere, no cabe duda que existen una gran cantidad de factores que determinan la mayor o menor precisión

de las preguntas, la mayor o menor disposición de los encuestados a contestar, etc. Ahora bien, existen una serie de aspectos que afectan a la exactitud de los datos y difieren en cada uno de los métodos utilizados como son el grado de control sobre la muestra, que se refiere a la capacidad de identificar y obtener los datos de una muestra que sea representativa de los estratos de la población o universo y la capacidad de asegurar la cooperación de los encuestados contactados, el control en la supervisión, es decir, la posibilidad de minimizar preguntas en la encuesta que no se comprendan. En este sentido, la encuesta personal es la que permite obtener un mayor control sobre la muestra y superar los problemas asociados a las dificultades que pueda tener el encuestado a la hora de responder ciertas preguntas, mientras que la encuesta postal, lógicamente, es la que da lugar a menos errores derivados del propio entrevistador.

Finalmente , la encuesta postal, seguida de la telefónica es la más flexible desde la perspectiva del encuestado, pues le permite cumplimentar el cuestionario en el momento más conveniente y empleando el tiempo que desee.

Obviamente, el problema de la elección método no solo depende de estos cinco criterios y además es muy difícil que en el planteamiento de una investigación de mercados un método sea el mejor para todos los criterios. Por tanto, el más adecuado será el que mejor se adecue a las necesidades de información dela investigación teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo y de coste. Por otra parte, hemos de destacar que estos tres métodos de captar información a través de encuestas no son mutuamente excluyentes, sino que pueden combinarse y obtenerse así mejores resultados en el diseño de la investigación en función dela ventajas de cada uno de ellos.

#### 2.3.4 EL DISEÑO DEL CUESTIONARIO

El cuestionario es el esquema formalizado para recopilar la información de los encuestados que contiene las preguntas a realizar y los espacios destinados a

las respuestas; es decir, es la traducción de los objetivos informativos de la investigación en preguntas específicas.

El diseño del cuestionario es un elemento clave en el proceso de realización de una encuesta en gran medida condicionada a lo acertado que sea el diseño de las preguntas. De ahí el conocido tópico que la realización del cuestionario es más un arte que una técnica, pues no existen principios que garanticen la elaboración de un cuestionario efectivo y eficiente. El diseño del cuestionario es más una técnica aprendida por el investigador a través de su experiencia y realmente de esta experiencia acumulada han surgido una serie de reglas o pautas que pueden ser de gran utilidad para diseñar un cuestionario y que hacen referencia al tipo o formato de preguntas a utilizar, a su redacción y al orden o secuencia de las mismas.

#### 2.3.4.1 Tipo De Preguntas En Los Cuestionarios

El elemento básico del cuestionario, como se deduce claramente de su nombre, son las preguntas. Es por ello que la bondad de un cuestionario depende de la clase de preguntas empleadas en él y de su adecuada formulación. Desde el punto de vista de la investigación de mercados, las preguntas de un cuestionario son la expresión en forma interrogativa de las variables empíricas o indicadores respecto a los cuales interesa obtener información mediante la encuesta. Por tanto, las preguntas del cuestionario se subdividen en respuestas, que son los elementos de variación o categorías de la variable a que se refiere la pregunta. Existe una amplia tipología de preguntas y diversas formas de clasificación; por ello y sin ánimo de ser exhaustivo nos centraremos en los diferentes tipos de preguntas según el tipo de respuesta y según la función que pueden cumplir en el cuestionario.

En primer lugar y en función del tipo de respuesta podemos distinguir los siguientes tipos de preguntas:

- **P. abiertas:** Son aquellas en las que no se establece ningún tipo de respuesta, dejando ésta al libre arbitrio del encuestado. Es decir, la respuesta del encuestado no está previamente definida y el encuestador se limita a registrar al pie de la letra la contestación obtenida.
- **P. Cerradas:** Son las que el encuestado se limita a elegir una o varias de las respuestas definidas previamente en el cuestionario; las respuestas se conocen a priori y están totalmente precodificadas.

Ambos tipos de preguntas tienen sus ventajas y limitaciones. Con las preguntas abiertas siempre se pueden descubrir nuevas respuestas y opiniones que no se habían tenido en cuenta y se consigue evitar que las respuestas obtenidas puedan estar sesgadas por la línea de hipótesis del investigador. Sin embargo, para poder analizar cuantitativamente este tipo de preguntas es necesario agrupar las respuestas y codificarlas con posterioridad, lo cual entraña cierta dificultad y lleva tiempo. Por otra parte, también presentan el inconveniente de que el entrevistado pueda responder en una línea que no tenga interés para la investigación o incluso que no se adecue a la pregunta. De todos modos, son especialmente adecuadas en investigaciones exploratorias o cuando no se tiene mucho conocimiento sobre las respuestas posibles.

Las preguntas cerradas, por el contrario son más fáciles de contestar dado que requieren un menor esfuerzo por parte del encuestado y lógicamente, no es necesario ni agruparlas ni codificarlas con posterioridad. Por ello, suelen ser las preguntas más utilizadas en los cuestionarios.

Una alternativa intermedia entre las preguntas cerradas y abiertas y de uso frecuente en los cuestionarios es la utilización de preguntas semiabiertas, es decir preguntas cerradas con un ítem abierto para reservar la posibilidad de incorporar otras respuestas diferentes de las previamente seleccionadas.

En las preguntas cerradas, a su vez, podemos distinguir entre:

- **P. dicotómicas:** Son las que tienen dos únicas respuestas.
- **P. de abanico de respuestas:** Son aquellas en las que el encuestado debe elegir entre un determinado número de respuestas posibles. En este tipo de preguntas, cuando las posibles opciones de respuesta son numerosas es conveniente hacerlas con tarjeta en vez de leer las respuestas al objeto de impedir que unas respuestas tengan más probabilidad de ser elegidas que otras, ya que cuando el número de respuestas es relativamente grandes, las últimas tienen más probabilidad de ser recordadas que las primeras. Este tipo de preguntas con tarjetas también es conveniente utilizarlo en preguntas con respuestas difíciles o que puedan producir cierto rechazo al contestarlas.
- **P. de escala subjetiva:** Son aquellas preguntas en que las respuestas se gradúan en intensidad creciente o decreciente sobre el punto de información deseado. Es decir, el encuestado se posiciona subjetivamente respecto a las diferentes categorías de respuesta. (¿Qué le parece...? Bien Mal Peor)
- **P. de escala subjetiva numérica:** Son similares a las anteriores pero con posiciones numéricas.
- **P. Cuadro:** Se utilizan principalmente para obtener más de una información que se recoge normalmente en cuadros de doble entrada.

Hay otro tipo de preguntas que tienen una funciones especiales dentro del cuestionario, que constituyen mecanismos especiales de indagación o sirven a distintos fines de información:

- **P. filtro:** Son preguntas cerradas, con pocas opciones (normalmente son preguntas dicotómicas) de cuyas respuestas depende hacer o no preguntas posteriores. En definitiva, este tipo de preguntas constituyen una bifurcación en el cuestionario.
- **P. de control:** Suelen utilizarse frecuentemente en los cuestionarios al objeto de comprobar la veracidad y la coherencia de las respuestas que se

han dado anteriormente. Incluyen respuestas falsas o con algunas trampa al objeto de que el encuestado se percate de ella.

- **P. de consistencia:** Son preguntas similares a las de control que tienen por objeto comprobar la consistencia de las respuestas del entrevistado. Se trata de preguntas similares, pero redactadas de distinta forma, que se sitúan espaciadas entre sí para ver si las respuestas de ambas preguntas son congruentes.
- **P. de introducción o de contacto:** Son las que se hacen para iniciar el cuestionario o para pasar de un tema a otro al objeto de crear un clima de confianza e interés en el entrevistado.

#### 2.3.4.2 Estructura Del Cuestionario

Al redactar las preguntas hay que tener también especial cuidado en el orden en que se incluyen en el cuestionario, ya que la secuencia de las preguntas puede influir en la naturaleza de las respuestas del encuestado y, por consiguiente, sesgarlas. Para ello existen una serie de pautas generales que pueden ser muy útiles en la estructuración del cuestionario:

Al inicio del cuestionario se debe incluir una presentación solicitando la cooperación del encuestado y especificando los objetivos de la investigación, quién la realiza y una declaración explícita de que la información que se facilita tendrá un tratamiento global, ya que la garantía de anonimato de un cuestionario es fundamental para crear una buena disposición a contestar.

La primera pregunta debe ser de carácter general, sencilla y potenciadora del interés del encuestado. En ocasiones esta pregunta de carácter introductorio no se relaciona con las necesidades de información de la investigación, ya que su único objetivo es lograr la cooperación del encuestado y establecer una relación de armonía con él.

Las preguntas de tipo general deben preceder a las preguntas más específicas.

Generalmente las preguntas más sencillas deben ir al principio del cuestionario, reservando las más comprometidas para el final y dejar el espacio intermedio para las más substantivas e importantes de la investigación. Es decir, las preguntas menos problemáticas deben formularse inicialmente y de forma gradual se introducirán las preguntas más complejas y personales.

El flujo en el proceso de las preguntas debe ser lógico de acuerdo con la perspectiva del encuestado y, al mismo tiempo, las preguntas deben agruparse en función de su temática para evitar el desconcierto del entrevistado haciendo preguntas relativas a un mismo tema en diferentes fases de la entrevista.

Los datos de identificación del encuestado, utilizados como variables de análisis y a nivel global para comprobar la fiabilidad de la muestra deben formularse al final del cuestionario.

## 2.4 SENSORES

Son dispositivos electrónicos que nos ayudan a sentir fenómenos como temperatura, presión, humedad, luminosidad, etc; y poder observarlos en diferentes dispositivos como pueden ser displays, computadores u otro medio electrónico sea análogo o digital.

### 2.4.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Para sensar la temperatura dentro del invernadero se a creído conveniente utilizar el circuito integrado LM35, el cual es un sensor de temperatura el cual mide la misma en grados centígrados.

El LM35 es un circuito integrado sensor de temperatura con tres terminales, que da una salida lineal de tensión de  $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ .

Estos dispositivos van en encapsulados plásticos TO92.

Son muy apropiados para medidas de temperatura ambiente.

# LM35

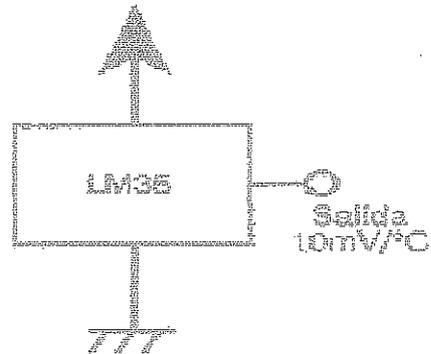
National Semiconductors



Encapsulado plástico  
TO92



De +4 a + 20V



## Características técnicas:

### Temperatura de funcionamiento:

LM35 DZ de 0 °C a 100 °C

LM35CZ de -40 °C a +110 °C

Tensión máxima absoluta de +35V a -0.2V

Tensión de funcionamiento de +30V a +4V

Corriente en reposo a 5V 91µA normal

### Precisión a 25 °C

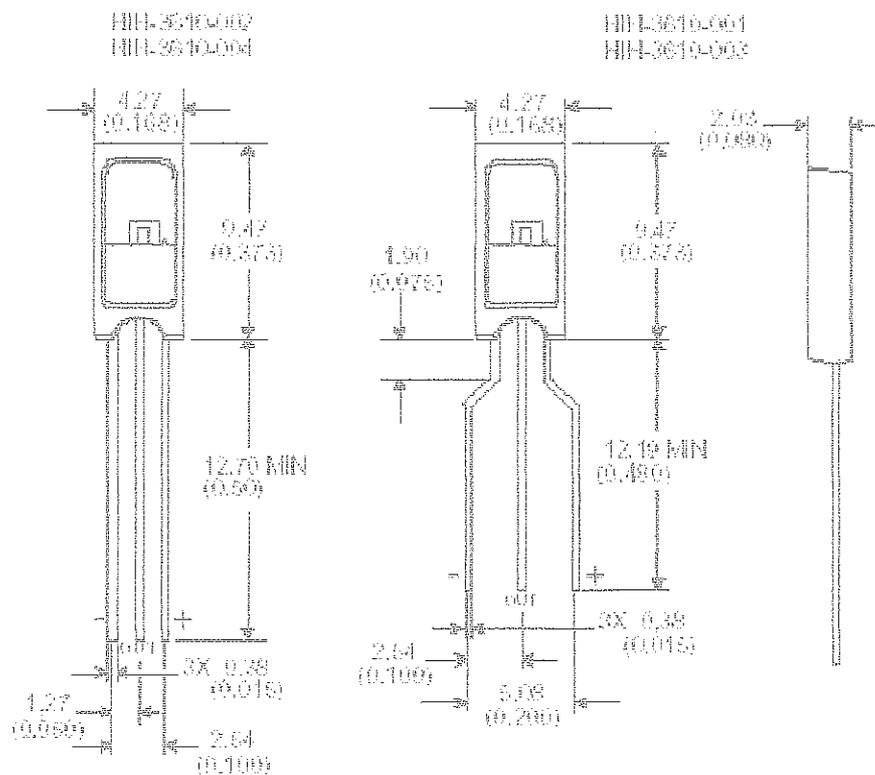
LM35 CZ ±0,4 °C normal

LM35 DZ ±0,9°C normal

## 2.4.2 SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA

Para sensar la Humedad Relativa del invernadero se a creído conveniente utilizar el circuito integrado HIH-3610-001 de Honeywell, el cual es un sensor de humedad relativa que tiene una muy buena precisión y esta diseñado para aplicaciones meteorológicas.

Las características técnicas del mismo se adjuntan en la sección de ANEXOS, ANEXO B.



## 2.5 CONVERTORES

Un conversor es un dispositivo electrónico que nos ayuda a convertir señales electrónicas en otra de diferente forma pero de igual valor, entre algunos conversores podemos citar el análogo – digital y el digital – análogo que son los mas utilizados cuando se trabaja con computadores.

## 2.5.1 CONVERSOR ANÁLOGO A DIGITAL

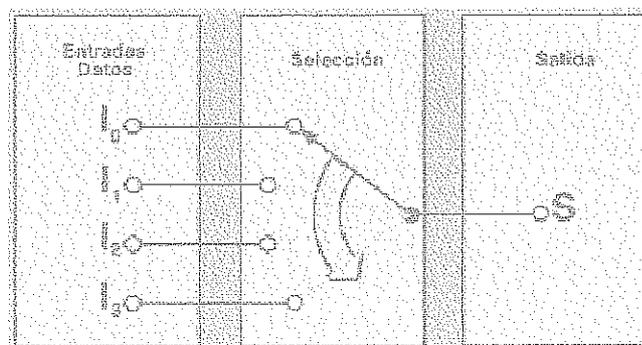
Para la adquisición de datos desde el sensor al computador se a utilizado un converso análogo a digital ADC0804 (características técnicas en la sección de ANEXOS, ANEXO C), el cual convierte la señal de voltaje enviada por el sensor en una señal digital que puede ser fácilmente leída por el puerto paralelo del computador para luego ser procesa.

## 2.6 MULTIPLEXORES

Vamos a estudiar, en éste capítulo, una serie de circuitos combinatorios relacionados con la transferencia de información; es decir, analizaremos la situación de tener varias señales binarias a una red digital.

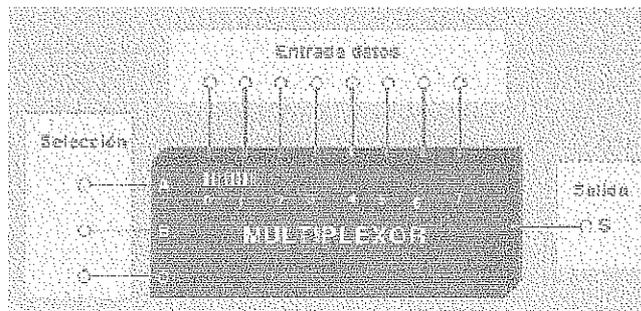
Mediante una señal de control deseamos seleccionar una de las entradas y que ésta aparezca a la salida. Haciendo una analogía eléctrica, podemos comparar un multiplexor con un conmutador de varias posiciones, de manera que, situando el selector en una de las posibles entradas, ésta aparecerá en la salida.

Los multiplexores son circuitos combinatoriales con varias entradas y una salida de datos, y están dotados de entradas de control capaces de seleccionar una, y sólo una, de las entradas de datos para permitir su transmisión desde la entrada seleccionada a la salida que es única.



La entrada seleccionada viene determinada por la combinación de ceros (0) y unos (1) lógicos en las entradas de control. La cantidad que necesitaremos será igual a la potencia de 2 que resulte de analizar el número de entradas. Así, por ejemplo, a un multiplexor de 8 entradas le corresponderán 3 de control.

Podemos decir que la función de un multiplexor consiste en seleccionar una de entre un número de líneas de entrada y transmitir el dato de un canal de información único. Por lo tanto, es equivalente a un conmutador de varias entradas y una salida.



Dentro de un multiplexor hay que destacar tres tipos de señales: los datos de entrada, las entradas de control y la salida

El diseño de un multiplexor se realiza de la misma manera que cualquier sistema combinatorio desarrollado hasta ahora. Veamos, como ejemplo, el caso de un multiplexor de cuatro entradas y una salida que tendrá, según lo dicho anteriormente, dos entradas de control. Esta tabla de verdad define claramente cómo, dependiendo de la combinación de las entradas de control, a la salida se transmite una u otra entrada de las cuatro posibles. Así:

CONTROL	ENTRADAS DATOS	SALIDA
A B	I0 I1 I2 I3	S
0 0	0 X X X	0

0 0	1 X X X	1
0 1	X 0 X X	0
0 1	X 1 X X	1
1 0	X X 1 X	1
1 0	X X X 0	0
1 1	X X X 0	0
1 1	X X X 1	1

Si deducimos de esta tabla de verdad la expresión booleana que nos dará la función salida, tendremos la siguiente ecuación:

$$S = (\overline{A} \cdot \overline{B} \cdot I_0) + (\overline{A} \cdot B \cdot I_1) + (A \cdot \overline{B} \cdot I_2) + (A \cdot B \cdot I_3)$$

Con la que podremos diseñar nuestro circuito lógico.

La estructura de los multiplexores es siempre muy parecida a esta que hemos descrito, aunque a veces se añade otra entrada suplementaria de validación o habilitación, denominada «strobe» o «enable» que, aplicada a las puertas AND, produce la presentación de la salida.

### 2.6.1 TIPOS DE MULTIPLEXORES

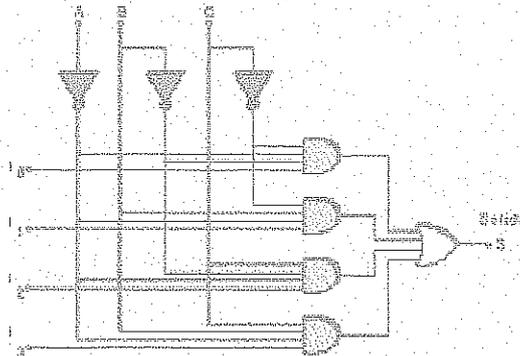
Dentro de la gran variedad de multiplexores que existen en el mercado, hay varios tipos que conviene destacar a causa de su gran utilidad en circuitos digitales, éstos son:

Multiplexor de 8 entradas.

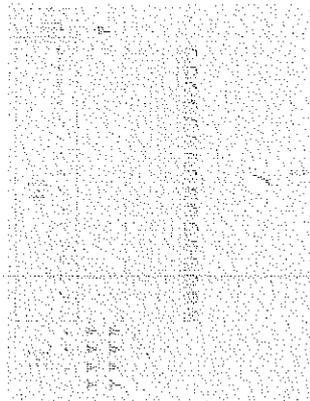
Multiplexor de 16 entradas.

Doble multiplexor de 4 entradas.

Dentro del primer tipo podemos hacer la distinción entre tener la entrada de «strobe» o no. La tecnología utilizada para su diseño es TTL, de alta integración, y la potencia que disipan suele ser de unos 150 mW. El tiempo de retardo típico es de unos 25 nanosegundos y tienen un "fan - out" de 10. Normalmente, estos circuitos suelen darnos dos tipos de salida: una afirmada y la otra negada.



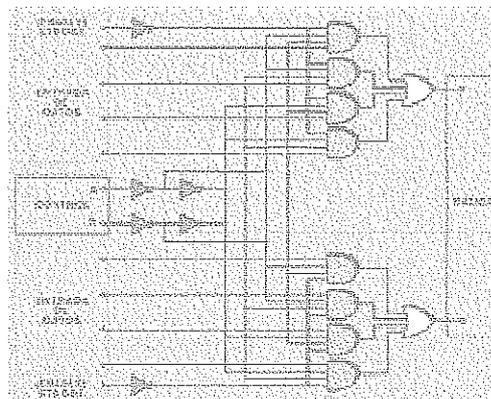
En cuanto al segundo tipo de multiplexores, señalaremos que se diferencian de los primeros en el número de entradas, que es el doble, y que no existe la posibilidad de tener dos salidas, sino que sólo podemos optar por la negada y, en consecuencia, a la salida únicamente se tendrán los datos de la entrada complementados. La potencia de disipación para estos multiplexores viene a ser de aproximadamente unos 200 mW. El tiempo de retardo y el "fan - out" son más o menos iguales que en el caso del multiplexor de 8 entradas.



**Diagrama básico de un multiplexor de 16 entradas y 2 señales de control**

En la ilustración correspondiente podemos ver un multiplexor de 16 entradas, donde, si hacemos 0 el «strobe», en la salida se obtiene el dato negado de la entrada seleccionada mediante las cuatro entradas de control.

En el último de los tipos, dentro del mismo encapsulado del circuito integrado, tenemos dos multiplexores de cuatro entradas de datos: dos de control y una señal de «strobe» cada uno.

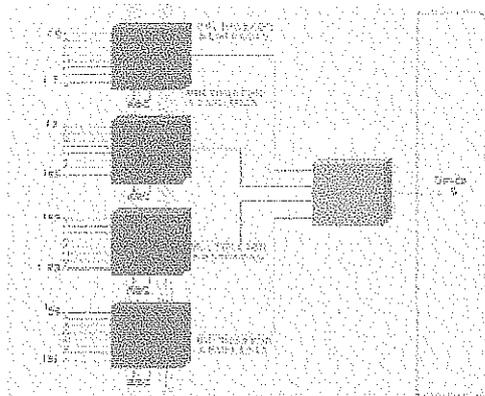


**Doble multiplexor de cuatro entradas donde las señales de control son comunes**

Las entradas de control son comunes para ambos multiplexores, como podemos ver en el circuito de la figura. Al igual que los anteriores, se suelen

realizar con tecnología TTL de alta integración, y tienen una disipación media de unos 180 mW.

Con estos tres tipos de multiplexores trabajaremos habitualmente, incluso en el caso de tener que emplear algún otro de orden superior, es decir, con mayor número de entradas. Para ello, necesitaremos utilizar más de un multiplexor de los descritos anteriormente.



**Multiplexor de 32 entradas construido a partir de cuatro multiplexores de 8 entradas y uno de 4 entradas**

La forma de conectarlos entre sí depende de la aplicación concreta de que se trate, pero siempre habrá que disponer de más de una etapa de multiplexores, lo cual acarrea un tiempo de retardo. Así, por ejemplo, para seleccionar un dato de entre las 32 entradas de que disponemos, deberemos diseñar un sistema análogo al representado en la figura correspondiente.

El primer multiplexor de 8 entradas sitúa secuencialmente los datos de entrada 10 a 17 en la línea de salida de éste, a medida que el código de las señales de control va variando. Análogamente, el segundo multiplexor, también de 8 entradas, transmitirá los datos 18 a 25 a su línea de salida, dependiendo de las señales de control.

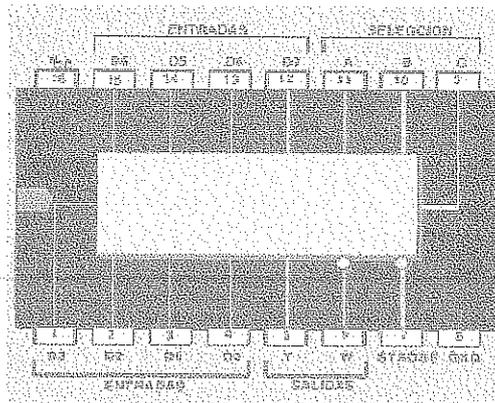


Diagrama de conexión de un circuito integrado que contiene un multiplexor de 8 entradas y señal de <<strobe>>

Estas entradas de control están unidas entre sí de manera que cuando, por ejemplo, aparece en la línea de salida del primer multiplexor I1, en la salida del segundo estará I9, en la del tercero I17 y en la del último I25. Si queremos sacar a la salida del conjunto de multiplexores cualquiera de las líneas de salida anteriormente citadas, necesitaremos utilizar un multiplexor de 4 entradas y, con sus señales de control, activaremos la entrada que nosotros deseemos. Así, por ejemplo, para tener en la salida final la línea de entrada I1, habría que poner en el último multiplexor de 4 entradas la combinación 00 en sus señales de control.

Por último, destacaremos que los multiplexores, además de seleccionar datos, tienen otras aplicaciones importantes, a saber:

La conversión paralelo - serie. Como puede ser conducir la salida en paralelo de un ordenador hacia un terminal remoto a través de una línea de transmisión serie.

La generación de funciones para lógica combinatoria.

## III.- ANÁLISIS

### 3.1 INTRODUCCION

El cultivo bajo invernaderos en la actualidad es muy común, por lo que los procesos de control de temperatura y humedad en los mismos son un factor muy importante para el buen desarrollo del cultivo, hoy en día con el crecimiento de las plantaciones se hace más y más difícil mantener un control constante de estos parámetros dentro del invernadero, pues se corre el riesgo de que estos factores no sean controlados adecuadamente por parte de las personas encargadas de controlar las labores inherentes a los invernaderos, por esta razón se trata de buscar una solución para el control de estos parámetros, una de las soluciones que se propone en este proyecto es la construcción de un sistema que mantenga estos parámetros dentro de los rangos ideales, teniendo así monitoreados y controlados los invernaderos.

Para esto se propone un sistema que contará con la ayuda de la Lógica Difusa la cual nos permitirá que el sistema pueda tomar decisiones en cuanto al control de temperatura y humedad. La forma de trabajar de la Lógica Difusa es mediante una base de conocimientos difusa, la cual esta formada por reglas y conjuntos difusos, los datos ingresados a dicha base de conocimiento van a ser analizados por medio de un proceso matemático el cual consiste en formar conjuntos con estos los valores, para posteriormente unirlos y obtener un único conjunto, por último con la extracción del centro de gravedad del conjunto se obtiene la solución final, que es una acción que debe ser tomada para controlar la temperatura y humedad a la vez o indistintamente, lo cual el sistema realizará automáticamente.

Los datos a ser ingresados en la base de conocimiento y la formación de las reglas de control serán obtenidos por medio de encuestas dirigidas a personas (especialistas) que estén trabajando en el campo de cultivo de rosas en invernaderos, teniendo así de esta forma información y conocimientos lo mas

verídicos y confiables lo cual permitirá realizar un análisis y diseño del sistema el mismo que deberá ser igual o mejor que el sistema manual.

Para la obtención de datos de los invernaderos (mas o menos 10 invernaderos) se propone tener, en cada uno de ellos, sensores de humedad y temperatura los cuales enviarán datos desde el invernadero al computador en una forma constante, estos datos son señales analógicas las mismas que para ser utilizadas en el computador deben ser convertidas a valores digitales, además se utilizara un multiplexor el cual nos ayudara a seleccionar el sensor del cual se quiere leer el dato ya que todos los sensores estarán enviando datos a la vez.

Además se propone realizar otra alternativa para el sistema, con la misma información y conocimientos adquiridos, es con la ayuda de Visual Basic, para luego hacer comparaciones de resultados entre estos dos sistemas.

## 3.2 ESPECIFICACION DE REQUISITOS DE SOFTWARE

### 3.2.1 REQUISITOS DEL SISTEMA

El Sistema como objetivo principal deberá ser el mantener la temperatura y humedad relativas ideales dentro del invernadero basándose en los siguientes datos:

#### TEMPERATURA

Valor optimo biológico: 21 °C

Valor mínimo biológico: 15 °C (noche)

Valor Máximo biológico: 28 °C (día)

Tiempo Máximo fuera de la temperatura optima: 2 Horas

## HUMEDAD RELATIVA

Valor optimo biológico: 65 %

Valor mínimo biológico: 20 %

Valor Máximo biológico: 100 %

Tiempo Máximo fuera de la Humedad Relativa optima: Ninguno

En el caso de la temperatura las 2 horas son solo cuando se encuentra cerca de cualquiera de los límites, por lo cual se deberá tomar alguna estrategia para las temperaturas que se encuentran cerca de la ideal y en el medio del conjunto formado, para la humedad relativa se deberá monitorear que la humedad dentro del invernadero no baje del límite mínimo biológico en caso de hacerlo se deberá activar las bombas de agua en el momento que sea necesario, además se deberá tener mucho cuidado para que nunca se sobrepase de la humedad máxima ya que en este caso no se encontrara ningún medio de corrección, el tiempo de sensado será de 30 minutos en el día y 15 en la noche.

Además el sistema deberá mantener informado al usuario de las temperaturas y humedades sensadas y de las acciones que se están tomando en el momento en que estas estén ocurriendo.

### 3.2.2 REQUISITOS DE HARDWARE

Requerimientos mínimos del sistema:

Procesador Pentium III 800MHz.

128Mb. En memoria RAM

5Mb. De espacio libre en el disco duro

CD-ROM

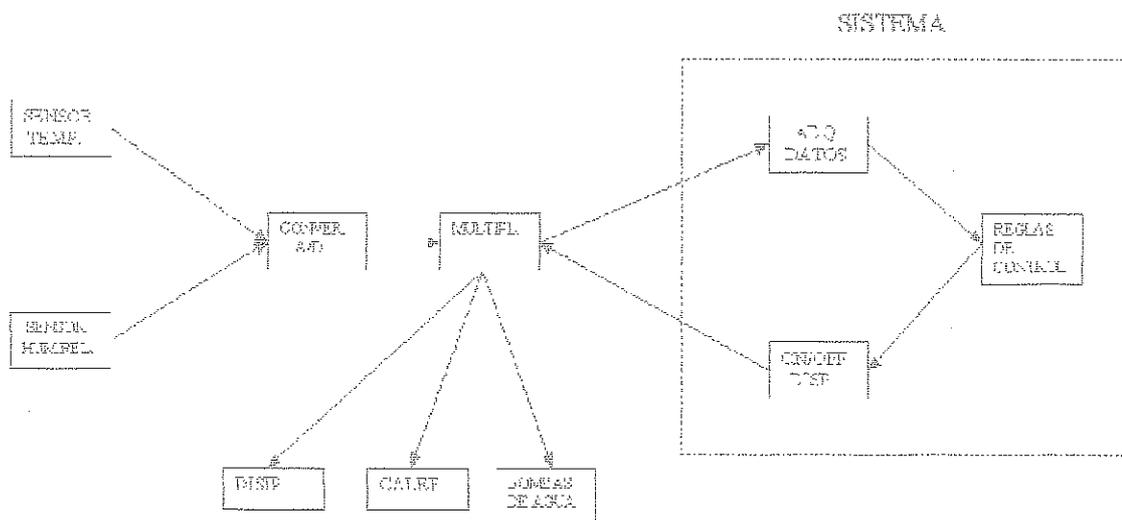
Windows® 98, 98se, Windows ME and Windows 2000 (NT 4.0 no Soporta)

Puerto Paralelo (En correcto funcionamiento)

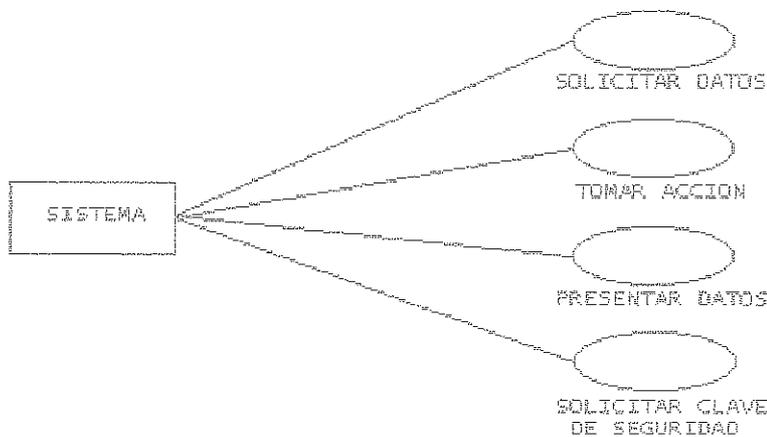
### 3.2.3 REQUISITOS DE USUARIO

El usuario en este caso necesita tener los conocimientos básicos de cómo trabajar bajo el ambiente de Windows (Sistema en Visual) y de cómo trabajar en el ambiente DOS (Sistema en C), para poder poner en funcionamiento el sistema, para la instalación del mismo si tiene los conocimientos anteriormente mencionados con la ayuda del manual no existirá ningún problema para instalar el sistema y los dispositivos externos que necesita el mismo.

### 3.3 DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA DEL SISTEMA



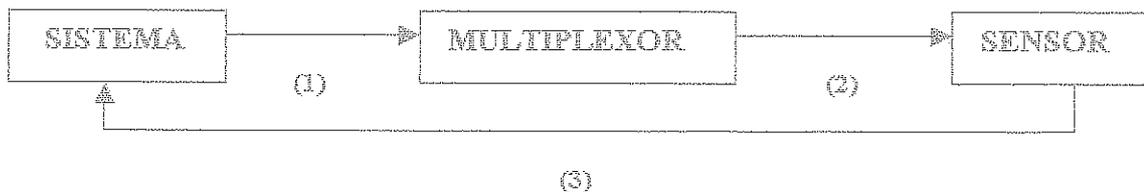
### 3.4 DIAGRAMAS DE PROCESOS



**Proceso Solicitar datos.-**

**Propósito.-** Obtener los datos del sensor.

**Descripción.-** Este proceso solicita los datos sensados por el sensor, enviando para esto el numero del invernadero el cual será el indicador para que el multiplexor enlace al sensor correcto.

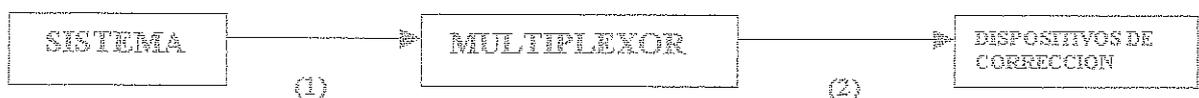


- (1) Envía número del invernadero
- (2) Enlaza al sensor correcto
- (3) Envía dato sensado

**Proceso Tomar acción.-**

**Propósito.-** Encender o apagar los dispositivos según el caso.

**Descripción.-** Este proceso enviara una señal a los dispositivos de corrección de temperatura y humedad para encenderlos o apagarlos según el resultado que envíe la base de conocimientos en base a los parámetros sensados, enviando para esto el numero del invernadero el cual será el indicador para que el multiplexor enlace al invernadero correcto.

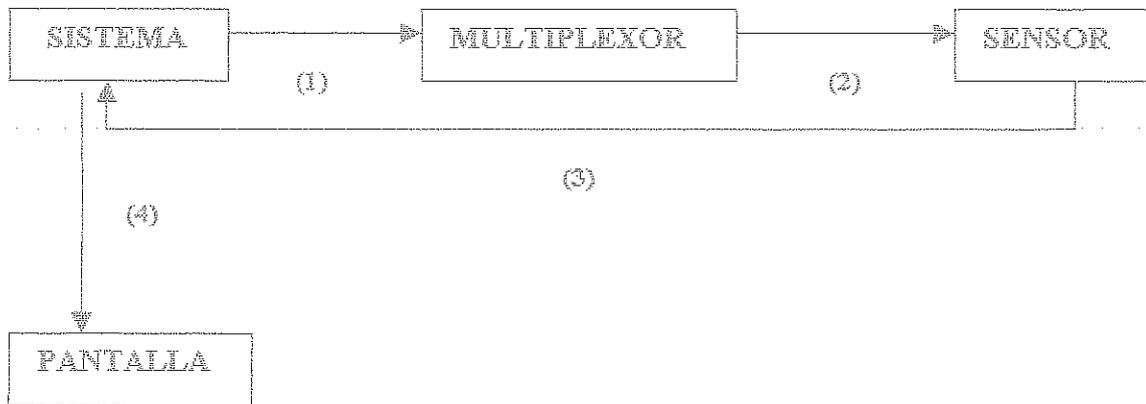


- (1) Envía número del invernadero
- (2) Enciende o Apaga el dispositivo indicado

**Proceso Presentar datos.-**

**Propósito.-** Presentar en pantalla los datos sensados.

**Descripción.-** Este proceso presentará en pantalla los datos sensados, cada vez que se realice el senso respectivo.



- (1) Envía número del invernadero
- (2) Enlaza al sensor correcto
- (3) Envía dato sensado
- (4) Sistema envía(presenta) datos

**Proceso Solicitar Clave de Seguridad.-**

**Propósito.-** Solicitar clave de seguridad para cerrar el sistema (Solo sistema en visual).

**Descripción.-** Este proceso presentara la pantalla para ingreso de la clave de seguridad, la cual sirve para evitar que el sistema sea cerrado por personas no autorizadas.



- (1) Solicita cerrar
- (2) Presenta pantalla

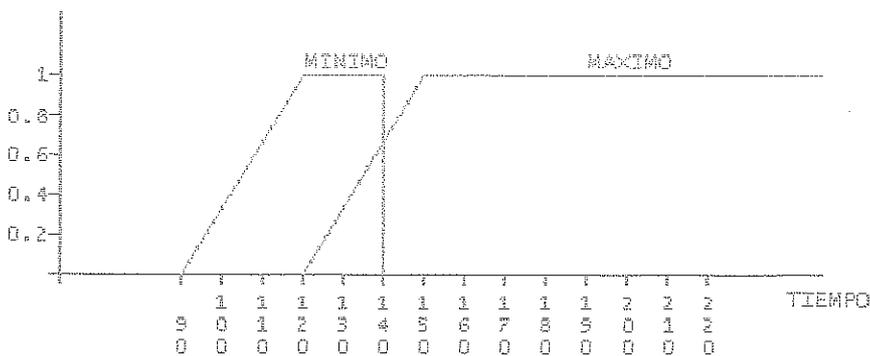
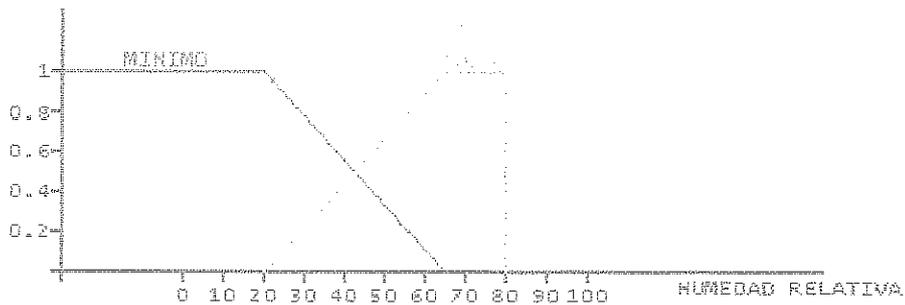
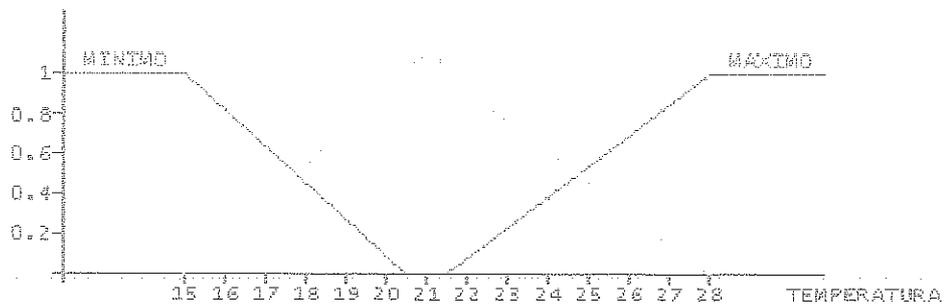
### 3.5 DEFINICION DE PSEUDO CODIGO

El presente sistema operará de la siguiente forma, luego de transcurrido el tiempo definido para el intervalo entre sensado, el sistema enviara el numero del invernadero a sensar al puerto para que este sea el valor con el que trabaje el multiplexor para enganchar al invernadero y sensor correcto, luego de ocurrido esto, el sensor enviara el dato al sistema el cual primero pasara por un conversor Analógico a Digital, para luego ser procesado por la base de conocimiento, según el caso la base de conocimiento activara o no los dispositivos de corrección de temperatura y humedad de ser necesario, este proceso lo realizara para todos los invernaderos, en caso de estar activado alguno de los dispositivos de corrección el sensado de los invernaderos será constante hasta que la temperatura y humedad relativa lleguen a los valores ideales, cuando ocurra esto se volverá a activar el tiempo programado para realizar los sensados.

### 3.6 MODELO DE LA BASE DE CONOCIMIENTO

#### 3.6.1 SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS

Para la creación de la base de conocimiento, la cual es la parte principal del sistema ya que esta será la que tome las decisiones acerca del control de la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero, se utilizo la lógica difusa, por lo cual se crearon los conjuntos difusos según los parámetros dados por el experto, dichos conjuntos quedan como siguen en el siguiente grafico:



Dichos conjuntos contemplan los datos acerca de la temperatura y humedad relativa máxima, mínima e ideal, que están estipulados dentro de la especificación de requisitos, y además se encuentra definido el conjunto del tiempo que es el factor que nos ayudara para la toma de decisiones ya que tenemos un tiempo máximo que el cultivo puede estar cerca de los límites.

En base a estos conjuntos se definió las siguientes acciones:

Si temperatura = mínimo y tiempo = mínimo entonces Calefactor = bajo

Si temperatura = mínimo y tiempo = máximo entonces Calefactor = alto

Si temperatura = máximo y tiempo = mínimo entonces Disipador = bajo  
Si temperatura = máximo y tiempo = máximo entonces Disipador = alto  
Si humedad = mínimo y tiempo = mínimo entonces B. Agua = bajo  
Si humedad = mínimo y tiempo = máximo entonces B. Agua = alto

En función a estas reglas el sistema dará un porcentaje de salida el cual será el factor de modificación de un determinado parámetro.

### 3.6.2 SISTEMA EN VISUAL BASIC

Para la creación de la base de conocimiento, la cual es la parte principal del sistema ya que esta será la que tome las decisiones acerca del control de la temperatura y la humedad relativa dentro del invernadero, nos basamos en la teoría de trabajo de la lógica difusa, dando como resultado una simulación de una base de conocimientos que pueda trabajar en Visual Basic, la cual quedo como sigue:

Si la temperatura es menor que la mínima biológica sin importar el tiempo active los calentadores de ambiente.

Si la temperatura es mayor que la temperatura máxima biológica sin importar el tiempo encienda los disipadores de calor.

Si la temperatura esta dentro del conjunto ideal apaga los dispositivos encendidos.

Si la temperatura esta entre 15,1 °C y 16,1 °C y el tiempo es mayor que 90 minutos active el calefactor.

Si la temperatura esta entre 16,2 °C y 18 °C y el tiempo es mayor a 180 minutos active el calefactor.

Si la temperatura esta entre 19,1 °C y 20,4 °C y el tiempo es mayor a 360 minutos active el calefactor.

Si la temperatura esta entre 27,9 °C y 26,9 °C y el tiempo es mayor a 90 minutos active el disipador.

Si la temperatura esta entre 26,8 °C y 24 °C y el tiempo es mayor a 180 minutos active el disipador.

Si la temperatura esta entre 23,9 °C y 21,6 °C y el tiempo es mayor a 360 minutos active el disipador.

Si Humedad es menor que el 20% active las bombas de agua.

Si la humedad es mayor al 65% y menor al 80% apague las bombas de agua.

## IV.- DISEÑO

### 4.1 CODIFICACION EN C Y VISUAL BASIC

#### 4.1.1 SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS

La codificación del sistema se encuentra en la sección de ANEXOS, ANEXO D.

#### 4.1.2 SISTEMA EN VISUAL BASIC

La codificación del sistema se encuentra en la sección de ANEXOS, ANEXO D.

### 4.2 CREACIÓN DE LA BASE DE CONOCIMIENTO(Script)

#### 4.2.1 BASE DE CONOCIMIENTO EN FUZZYCLIPS

```
(deftemplate temp
  0 50 C
  ((min (Z 15 20.5))
   (max (S 21.5 28)))
)
```

```
(deftemplate hr
  0 100 Pc
  ((min (Z 20 65))
)
```

```
(deftemplate time
  0 300 Min
  ((min (S 30 90))
   (max (S 90 180)))
```

```
)  
)
```

```
(deftemplate dissipador
```

```
  0 1 units
```

```
  ((low (Z .05 .5))
```

```
   (high(S .5 .9))
```

```
  )
```

```
)
```

```
(deftemplate calefactor
```

```
  0 1 units
```

```
  ((low (Z .05 .5))
```

```
   (high(S .5 .9))
```

```
  )
```

```
)
```

```
(deftemplate b_agua
```

```
  0 1 units
```

```
  ((low (Z .05 .5))
```

```
   (high(S .5 .9))
```

```
  )
```

```
)
```

```
(defrule min_min
```

```
  (temp min)
```

```
  (time min)
```

```
  => (assert (calefactor low))
```

```
)
```

```
(defrule min_max
```

```
  (temp min)
```

```
(time max)
=> (assert (calefactor high))
)
```

```
(defrule max_min
  (temp max)
  (time min)
  => (assert (disipador low))
)
```

```
(defrule max_max
  (temp max)
  (time max)
  => (assert (disipador high))
)
```

```
(defrule min_min
  (hr min)
  (time min)
  => (assert (b_agua low))
)
```

```
(defrule min_max
  (hr min)
  (time max)
  => (assert (b_agua high))
)
```

```
(defrule init
  =>
  (assert (temp (S 20.9 21))
    (time (S 29 30)))
)
```

```
)  
)
```

```
(defrule resp_dis  
  (declare (salience -100))  
  ?d <- (disipador ?)  
=>  
  (bind ?a(moment-defuzzify ?d))  
  (printout t "Disipador = " ?a crlf)  
)
```

```
(defrule resp_cal  
  (declare (salience -100))  
  ?c<-(calefactor ?)  
=>  
  (bind ?f(moment-defuzzify ?c))  
  (printout t "Calefactor = " ?f crlf)  
)
```

```
(defrule resp_cal  
  (declare (salience -100))  
  ?b<-(b_agua ?)  
=>  
  (bind ?f(moment-defuzzify ?b))  
  (printout t "Bomba de Agua = " ?f crlf)  
)
```

#### 4.2.2 BASE DE CONOCIMIENTO EN VISUAL BASIC

'Reglas de control para temperatura

```
If lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80 Or lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
```

```
Then
```

```
    If tempaux >= 20.5 And tempaux <= 21.5 Then
```

```
        lblcon(aux1).BackColor = &H8080FF
```

```
        lblcon(aux1).BackColor = &H8080FF
```

```
        lblcoff(aux1).BackColor = &H80FF80
```

```
        lblcoff(aux1).BackColor = &H80FF80
```

```
        dispaux = 1
```

```
        clk1 = 0
```

```
        clk2 = 0
```

```
        clk3 = 0
```

```
        clkaux = 1
```

```
        StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensor..."
```

```
        StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Apagados..."
```

```
        StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Apagados..."
```

```
        Timer2.Enabled = False
```

```
        Timer1.Enabled = True
```

```
    End If
```

```
Else
```

```
    If tempaux <= 15 Then
```

```
        lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
```

```
        lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
```

```
        dispaux = 0
```

```
        StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
```

```
    Else
```

```
        If tempaux >= 26 Then
```

```
            lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
```

```
            lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
```

```
            dispaux = 0
```

```

StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 15.1 And tempaux <= 16.1 And clk3 >= 9 Then
    lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 16.2 And tempaux <= 18 And clk2 >= 18 Then
    lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 18.1 And tempaux <= 20.4 And clk1 >= 36 Then
    lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 21.6 And tempaux <= 23.9 And clk1 >= 36 Then
    lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 24 And tempaux <= 26.8 And clk2 >= 18 Then
    lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    lblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else

```

```

        If tempaux >= 26.9 And tempaux <= 27.9 And clk3 >= 9 Then
            Iblidon(aux1).BackColor = &H80FF80
            Iblidoff(aux1).BackColor = &H8080FF
            dispaux = 0
            StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
'Fin de reglas de control para temperatura
'Reglas de control para humedad relativa
If Iblbon(aux1).BackColor = &H80FF80 Then
    If hraux >= 65 And hraux <= 80 Then
        Iblbon(aux1).BackColor = &H8080FF
        Iblboff(aux1).BackColor = &H80FF80
        dispaux1 = 1
        clk1 = 0
        clk2 = 0
        clk3 = 0
        clkaux = 1
        StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensar..."
        StatusBar1.Panels(4).Text = "Bombas de Agua Apagados..."
        Timer2.Enabled = False
        Timer1.Enabled = True
    End If
Else
    If hraux <= 20 Then

```

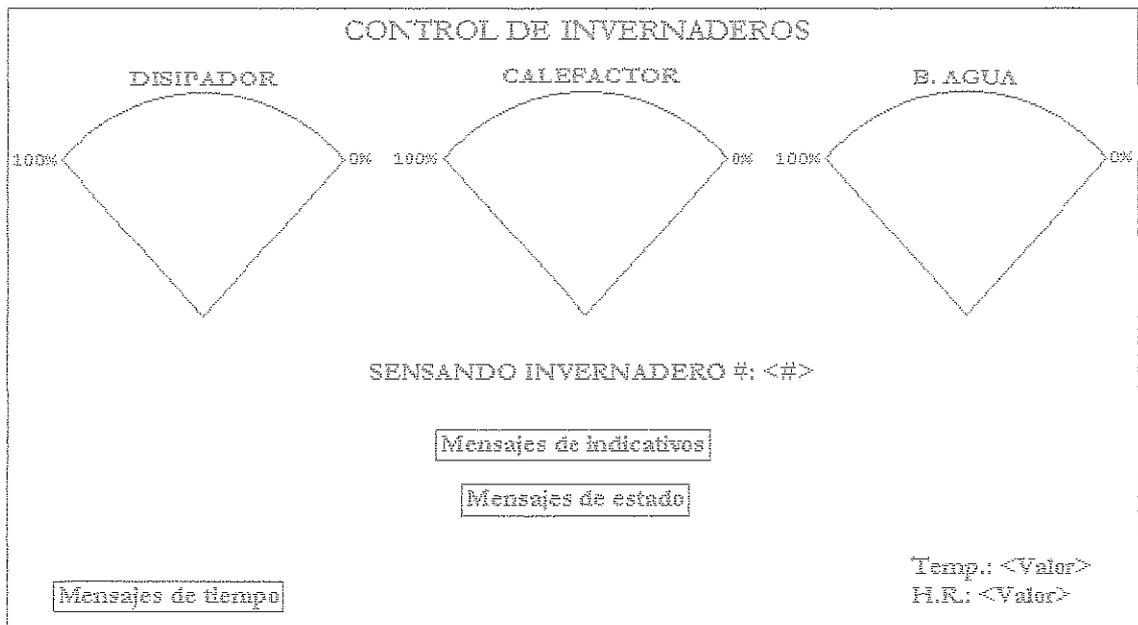
```

Iblbon(aux1).BackColor = &H80FF80
Iblboff(aux1).BackColor = &H8080FF
dispaux1 = 0
StatusBar1.Panels(4).Text = "Bombas de Agua Encendidas..."
End If
End If
'Fin de Reglas de control para humedad relativa

```

## 4.3 INTERFAZ DEL SISTEMA

### 4.3.1 SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS



### 4.3.2 SISTEMA EN VISUAL BASIC

DATOS DE LOS INVERNADEROS											Mensajes de tiempo	
Invern.	Temp.	H.R.	Fecha	Hora	Calef.		Disip.		B. Agua			
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>		

Contraseña:

Mensajes de estado

## V.- PRUEBAS

### 5.1 POR SIMULACIÓN

Las pruebas realizadas al sistema fueron efectuadas por simulación, ya que de esta forma se podía probar al sistema en todos los casos posibles de variación de temperatura y humedad relativa que se puedan dar, para la realización de las mismas se tomo temperaturas en todo un día con intervalos de 30 minutos y estos datos fueron ingresados al sistema, además se ingresaron datos al azar para probar la consistencia del sistema.

### 5.2 RESULTADO DE LAS PRUEBAS

#### 5.2.1 SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS

El resultado de las pruebas realizadas a este sistema nos da como conclusión que el sistema siempre va a tomar una acción correctiva cada vez que sense y que se encuentre fuera de la temperatura óptima, ya que la Base de Conocimiento siempre dará un resultado porcentual sea cual sea los valores que entren, dándonos de esta manera que el sistema siempre mantendrá activado algún dispositivo en mayor o menor grado de su capacidad, por esta razón yo e considerado que este sistema no es muy apropiado para este trabajo ya que se incurriría en un desperdicio de energía, ya que siempre va a estar activado algo.

#### 5.2.2 SISTEMA EN VISUAL BASIC

El resultado de las pruebas a este sistema nos da como conclusión que este sistema nos pueda dar un ahorro considerable de energía en comparación al otro sistema, ya que en este sistema estamos aprovechando el valor del tiempo que el cultivo puede estar fuera de su temperatura ideal y bordeando cualquiera de los limites del mismo, ya que con esto nosotros podemos tener sensores que no realicen ninguna corrección de temperatura y humedad si es que no se

cumplen las condiciones establecidas entre temperatura y tiempo, por esta razón yo recomiendo la utilización este sistema ya que en muchos aspectos resulta mejor que el otro.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- En Conclusión el desarrollo de los dos sistemas nos ayudo a entender mejor cuando es necesario utilizar la Lógica Difusa, ya que existen algunas ocasiones en las que se puede obviar la utilización de la misma, como son en sistemas que no van a realizar un monitoreo constante.
- El Sistema creado con Lógica Difusa, es un mecanismo adecuado cuando se requiere que siempre se tenga el cultivo en los valores ideales, para este caso nos da un desperdicio de energía ya que siempre va a haber algún dispositivo encendido, debido a que lo Lógica Difusa mantiene siempre un control constante y por ende siempre habrá una toma de acciones.
- El sistema desarrollado con Visual Basic resulto mejor para este caso ya que nos proporciono un ahorro de energía debido a que aprovechamos el tiempo que el cultivo puede estar fuera de la temperatura ideal, y de esta forma se pudo generar una estrategia la cual nos dio una solución optima.
- El Sistema con Visual Basic presenta una interfaz al usuario mas amigable y tiene la opción de mejoramiento mas rápida y sencilla, debido a la facilidad que nos presenta las herramientas de diseño, en cambio el sistema con fuzzyclips no tiene una interfaz tan amigable que el otro y además resulta mas difícil aumentar opciones al mismo.
- La metodología utilizada no esta dentro de ninguna de las metodologías conocidas, sino se empleo partes de varias metodologías pero adecuándolas al presente caso, dándonos como resultado una posible metodología para el desarrollo de este tipo de sistemas ya que en la actualidad no existen metodologías bien definidas para este tipo de sistemas.

## 6.2 RECOMENDACIONES

- La principal recomendación que doy, es que nunca se obvие el método manual de corrección y monitoreo de los invernaderos, ya que como el sistema en su totalidad ocupa energía eléctrica y ésta es la principal falencia del mismo.
- Se debe seguir en su totalidad las instrucciones de instalación de los sensores y los dispositivos externos de hardware ya que de estos depende el correcto funcionamiento del sistema.
- Además se recomienda que se tome mucha atención a algunas materias dictadas dentro de la carrera como son Electrónica y Electricidad, ya que estas materias son dictadas en una forma teórica y nunca se realizan practicas, estas materias son importantes para el desarrollo de este tipo de proyectos y además son la base para poder adentrarnos en otro tipo de estudios como son Robótica, Mecatrónica, Domótica que son campos afines a nuestra carrera pero que dependen mucho también de la Electrónica.

## BIBLIOGRAFÍA

<http://www.infoagro.com/flores/flores/rosas.asp>

<http://www.tpagro.com>

<http://www.agrofram.com/ingenieria/Tesis/funda.html>

<http://www.angelfire.com/al2/Comunicaciones/Laboratorio/multiple.html>

<http://ai.iit.nrc.ca/fuzzy/fuzzy.html>

<http://www.national.com>

<http://www.honeywell.com/sensing>

## ANEXO A

### Descripción de la Metodología

La metodología utilizada fue una recopilación de algunos aspectos de varias metodologías, lo cual nos dio la facilidad de poder entender y crear el sistema aquí presentado; los pasos que se siguieron fueron los siguientes:

#### ANALISIS

**Especificación de Requisitos.-** Dentro de la especificación de requisitos no hubo ningún cambio, se la realizó como esta especificado dentro de todas las metodologías con la utilización de encuestas a los expertos los cuales nos proporcionaron los datos necesarios para la creación de la base del conocimiento que es la parte fundamental del sistema.

**Diagrama de la Arquitectura del Sistema.-** Se utilizo un diagrama de la arquitectura del sistema ya que para nuestro caso fue la mejor manera de interpretar como va a funcionar el sistema, para la creación de dicho diagrama se utilizo los diagramas de bloques teniendo en cuenta que cada bloque representa un dispositivo hardware o un modulo software y se utilizo para unir los bloques líneas con dirección para indicar el flujo de la información. Ejemplo Proceso tomar acción.



Envía número del invernadero

Enciende o Apaga el dispositivo indicado

**Diagramas de Procesos.-** Dentro de la creación de los diagramas de procesos de igual manera se utilizo los diagramas de bloques tal como fueron utilizados para la creación del diagrama de la arquitectura pero aquí enfocados solo al proceso que se esta describiendo, además se dio una breve descripción y

propósito del proceso para poder entender mejor que es lo que va a hacer.  
Ejemplo Proceso tomar acción.



Envía número del invernadero

Enciende o Apaga el dispositivo indicado

**Definición de Pseudo Código.-** Aquí se describirá todo el funcionamiento del sistema, mediante la utilización del español estructurado.

**Modelo de la Base de Conocimiento.-** Aquí se definirán las reglas o conjuntos (según el caso) para la creación de la base de conocimiento, según lo estipulado en la especificación de requisitos, de igual manera se utilizo el español estructurado en forma de sentencias condicionantes para la definición de un modelo de la base de conocimientos.

## **DISEÑO**

**Codificación.-** Según la herramienta utilizada.

**Creación de la Base de Conocimiento(Script).-** Aquí ira el script de la base de conocimiento según la herramienta utilizada.

**Interfaz del Sistema.-** En este punto se deberá crear un bosquejo de la interfaz que va a utilizar el sistema, debido a que es una única interfaz para el funcionamiento de todo el sistema se adopto este punto.

**Pruebas.-** Aquí se realizaran las pruebas que se crean convenientes al sistema.

**Instalación.-** En este punto se deberá realizar la instalación del sistema y su puesta en funcionamiento.

ANEXO B

SENSOR DE HUEMDAD RELATIVA HIH-3610-001

## Humidity Sensors Humidity Sensor

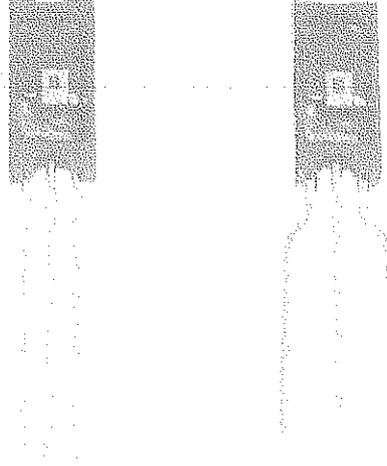
## HIH-3610 Series

### FEATURES

- Molded thermoset plastic housing with cover
- Linear voltage output vs. %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant

### TYPICAL APPLICATIONS

- Refrigeration
- Drying
- Metrology
- Battery-powered systems
- OEM assemblies



The HIH-3610 Series humidity sensor is designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) users. Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's linear voltage output. With a typical current draw of only 200  $\mu$ A, the HIH-3610 Series is ideally suited for low drain, battery operated systems. Tight sensor interchangeability reduces or eliminates OEM production calibration costs. Individual sensor calibration data is available.

The HIH-3610 Series delivers instrumentation-quality RH (Relative Humidity) sensing performance in a low cost, solderable SIP (Single In-line Package). Available in two lead spacing configurations, the RH sensor is a laser trimmed thermoset polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning. The sensing element's multilayer construction provides excellent resistance to application hazards such as wetting, dust, dirt, oils, and common environmental chemicals.

#### **⚠WARNING**

##### **PERSONAL INJURY**

- **DO NOT USE** these products as safety or emergency stop devices, or in any other application where failure of the product could result in personal injury.

Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

#### **⚠WARNING**

##### **MISUSE OF DOCUMENTATION**

- The information presented in this product sheet is for reference only. Do not use this document as system installation information
- Complete installation, operation, and maintenance information is provided in the instructions supplied with each product.

Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

# Humidity Sensors

## Humidity Sensor

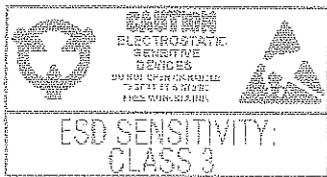
HH-3610 Series

TABLE 1: PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Parameter	Condition
RH Accuracy <sup>(1)</sup>	±2% RH, 0-100% RH non-condensing, 25 °C, V <sub>supply</sub> = 5 Vdc
RH Interchangeability	±5% RH, 0-60% RH; ±8% @ 90% RH typical
RH Linearity	±0.5% RH typical
RH Hysteresis	±1.2% RH span maximum
RH Repeatability	±0.5% RH
RH Response Time, 1/e	15 sec in slowly moving air at 25 °C
RH Stability	±1% RH typical at 50% RH in 5 years
<b>Power Requirements</b>	
Voltage Supply	4 Vdc to 5.8 Vdc, sensor calibrated at 5 Vdc
Current Supply	200 µA at 5 Vdc
<b>Voltage Output</b>	
	V <sub>out</sub> = V <sub>supply</sub> (0.0062(Sensor RH) + 0.16), typical @ 25 °C (Data printout option provides a similar, but sensor specific, equation at 25 °C.)
V <sub>supply</sub> = 5 Vdc	0.8 Vdc to 3.9 Vdc output @ 25 °C typical
Drive Limits	Push/pull symmetric; 50 µA typical, 20 µA minimum, 100 µA maximum Turn-on ≤ 0.1 sec
<b>Temperature Compensation</b>	
	True RH = (Sensor RH)/(1.093-0.0021T), T in °F True RH = (Sensor RH)/(1.0546-0.00216T), T in °C
Effect @ 0% RH	±0.007 %RH/°C (negligible)
Effect @ 100% RH	-0.22% RH/°C (<1% RH effect typical in occupied space systems above 15 °C (59 °F))
<b>Humidity Range</b>	
Operating	0 to 100% RH, non-condensing <sup>(1)</sup>
Storage	0 to 90% RH, non-condensing
<b>Temperature Range</b>	
Operating	-40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F)
Storage	-51 °C to 125 °C (-60 °F to 257 °F)
Package <sup>(2)</sup>	Three pin, solderable SIP in molded thermoset plastic housing with thermoplastic cover
Handling	Static sensitive diode protected to 15 kV maximum

Notes:

1. Extended exposure to ≥90% RH causes a reversible shift of 3% RH.
2. This sensor is light sensitive. For best results, shield the sensor from bright light.



# Humidity/Moisture Sensors

## Humidity Sensor

HIH-3610 Series

### FACTORY CALIBRATION

HIH-3610 sensors may be ordered with a calibration and data printout (Table 2). See order guide on back page.

TABLE 2: EXAMPLE DATA PRINTOUT

Model	HIH-3610-001
Channel	92
Wafer	030996M
MRP	337313
Calculated values at 5 V	
V <sub>out</sub> @ 0% RH	0.958 V
V <sub>out</sub> @ 75.3% RH	3.268 V
Linear output for 2% RH accuracy @ 25 °C	
Zero offset	0.958 V
Slope	30.680 mV/%RH
RH	(V <sub>out</sub> -zero offset)/slope (V <sub>out</sub> -0.958)/0.0307
Ratiometric response for 0 to 100% RH	
V <sub>out</sub>	V <sub>supply</sub> (0.1915 to 0.8130)

FIGURE 1: RH SENSOR CONSTRUCTION

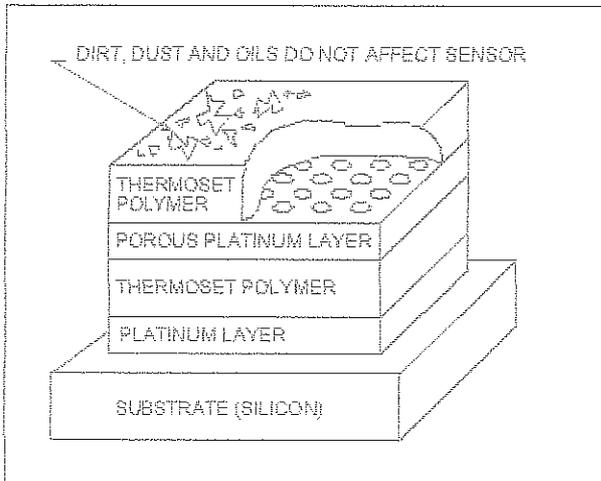


FIGURE 2: OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY AT 0 °C

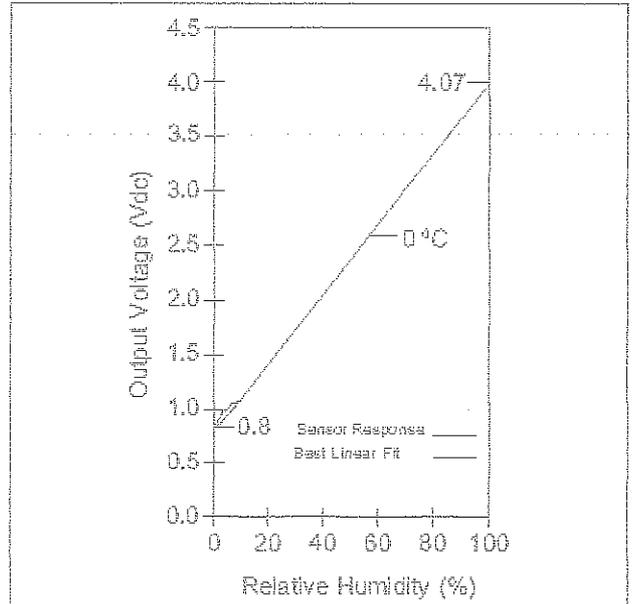
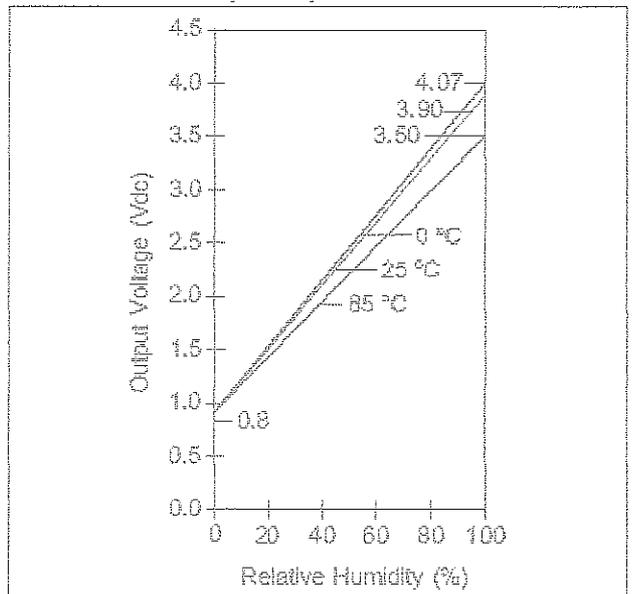


FIGURE 3: OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY AT 0 °C, 25 °C, 85 °C



# Humidity/Moisture Sensors

## Humidity Sensor

## HH-3610 Series

### ORDER GUIDE

Catalog Listing	Description
HH-3610-001	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in lead pitch SIP
HH-3610-002	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in lead pitch SIP
HH-3610-003	Integrated circuit humidity sensor, 0.100 in lead pitch SIP with calibration and data printout
HH-3610-004	Integrated circuit humidity sensor, 0.050 in lead pitch SIP with calibration and data printout

### WARRANTY/REMEDY

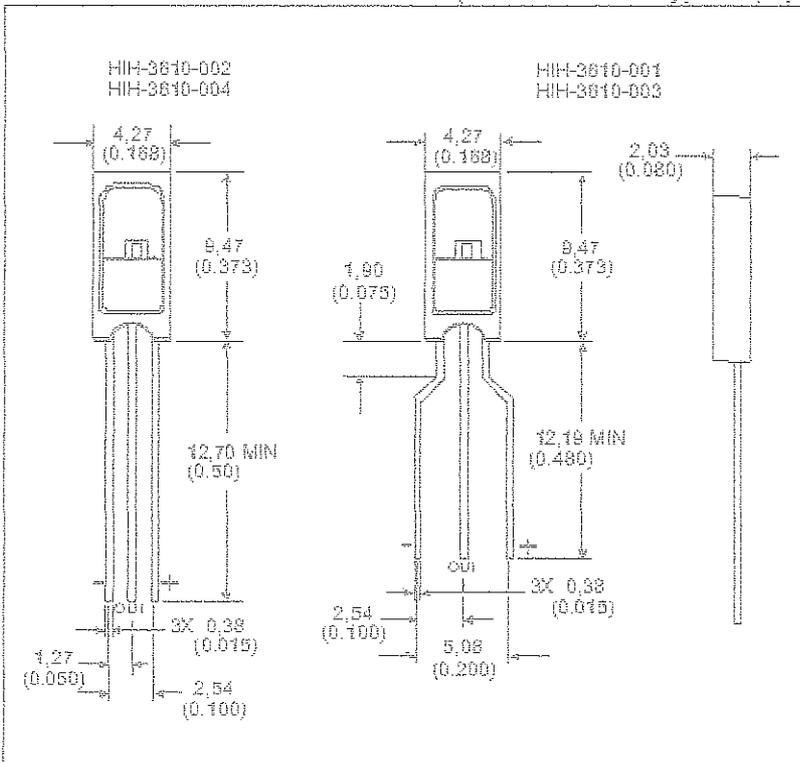
Honeywell warrants goods of its manufacture as being free of defective materials and faulty workmanship. Contact your local sales office for warranty information. If warranted goods are returned to Honeywell during the period of coverage, Honeywell will repair or replace without charge those items it finds defective. The foregoing is Buyer's sole remedy and is in lieu of all other warranties, expressed or implied, including those of merchantability and fitness for a particular purpose.

Specifications may change without notice. The information we supply is believed to be accurate and reliable as of this printing. However, we assume no responsibility for its use.

While we provide application assistance personally, through our literature and the Honeywell web site, it is up to the customer to determine the suitability of the product in the application.

For application assistance, current specifications, or name of the nearest Authorized Distributor, check the Honeywell web site or call:  
 1-800-637-6945 USA  
 1-800-737-3360 Canada  
 1-815-235-6247 international  
 FAX  
 1-815-235-6545 USA  
 INTERNET  
[www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing)  
[info.sc@honeywell.com](mailto:info.sc@honeywell.com)

FIGURE 4: MOUNTING DIMENSIONS (for reference only) mm (in)



**Honeywell**

Sensing and Control  
 Honeywell  
 11 West Spring Street  
 Freeport, Illinois 61032



[www.honeywell.com/sensing](http://www.honeywell.com/sensing)

Printed on Day 114  
 91% Recycled Paper  
 000073-2-EN (US) (C10) 607 1P-1142 © USA

## ANEXO C

### CONVERTIDOR ANALÓGICO A DIGITAL ADC0809

## ADC0808/ADC0809

### 8-Bit $\mu$ P Compatible A/D Converters with 8-Channel Multiplexer

#### General Description

The ADC0808, ADC0809 data acquisition component is a monolithic CMOS device with an 8-bit analog-to-digital converter, 8-channel multiplexer and microprocessor compatible control logic. The 8-bit A/D converter uses successive approximation as the conversion technique. The converter features a high impedance chopper stabilized comparator, a 256R voltage divider with analog switch tree and a successive approximation register. The 8-channel multiplexer can directly access any of 8 single-ended analog signals.

The device eliminates the need for external zero and full-scale adjustments. Easy interfacing to microprocessors is provided by the latched and decoded multiplexer address inputs and latched TTL TRI-STATE<sup>®</sup> outputs.

The design of the ADC0808, ADC0809 has been optimized by incorporating the most desirable aspects of several A/D conversion techniques. The ADC0808, ADC0809 offers high speed, high accuracy, minimal temperature dependence, excellent long-term accuracy and repeatability, and consumes minimal power. These features make this device ideally suited to applications from process and machine control to consumer and automotive applications. For 18-channel multiplexer with common output (sample/hold port) see ADC0818 data sheet. (See AN-247 for more information.)

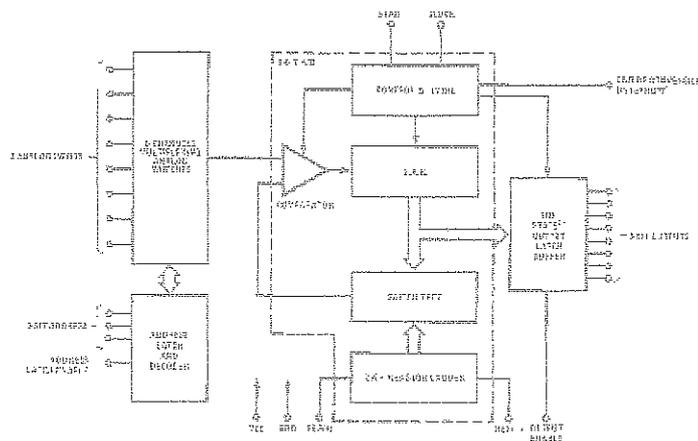
#### Features

- Easy interface to all microprocessors
- Operates ratiometrically or with 5 V<sub>DD</sub> or analog span adjusted voltage reference
- No zero or full-scale adjust required
- 8-channel multiplexer with address logic
- 0V to 5V input range with single 5V power supply
- Outputs meet TTL voltage level specifications
- Standard 8-pin or molded 28-pin DIP package
- 28-pin molded chip carrier package
- ADC0808 equivalent to MM74C848
- ADC0809 equivalent to MM74C849

#### Key Specifications

- |                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| ■ Resolution             | 8 Bits              |
| ■ Total Unadjusted Error | ±1/2 LSB and ±1 LSB |
| ■ Single Supply          | 5 V <sub>DD</sub>   |
| ■ Low Power              | 15 mW               |
| ■ Conversion Time        | 100 $\mu$ s         |

#### Block Diagram

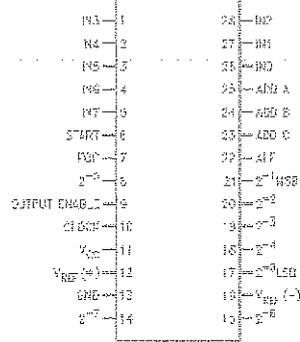


See Ordering Information

<sup>®</sup>TTL-STATE<sup>®</sup> is a registered trademark of National Semiconductor Corp.

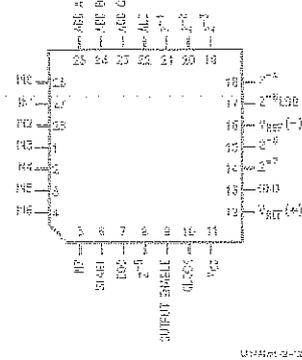
## Connection Diagrams

Dual-In-Line Package



Order Number ADC0809CCN or ADC0809CCN  
See NS Package J28A or N28A

Molded Chip Carrier Package



**Absolute Maximum Ratings** (Notes 2, 1)  
 If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ( $V_{CC}$ ) (Note 3)	6.5V
Voltage at Any Pin	-0.3V to ( $V_{CC}+0.3V$ )
Except Control Inputs	
Voltage at Control Inputs (START, OE, CLOCK, ALE, ADD A, ADD B, ADD C)	-0.3V to +15V
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Package Dissipation at $T_A=25^\circ\text{C}$	875 mW
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	
Dual-In-Line Package (plastic)	260°C

Dual-In-Line Package (ceramic)	300°C
Molded Chip Carrier Package	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 4)	400V

**Operating Conditions** (Notes 1, 2)

Temperature Range (Note 1)	$T_{MIN}$ to $T_{MAX}$
ADC0808CCN, ADC0809CCN	-40°C to $T_A \leq +85^\circ\text{C}$
ADC0808CCV, ADC0809CCV	-40°C to $T_A \leq +95^\circ\text{C}$
Range of $V_{CC}$ (Note 1)	4.5 $V_{CC}$ to 6.0 $V_{CC}$

**Electrical Characteristics**

Converter Specifications:  $V_{CC}=5$ ,  $V_{REF+}=V_{REF-}=V_{REF}$ ,  $V_{REF-}=GND$ ,  $T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$  and  $f_{CLK}=840$  kHz unless otherwise stated.

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
	ADC0808					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	25°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1\%$ $\pm 1\%$	LSB LSB
	ADC0809					
	Total Unadjusted Error (Note 5)	0°C to 70°C $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$			$\pm 1$ $\pm 1\%$	LSB LSB
	Input Resistance	From Ref(+), to Ref(-)	1.0	2.5		k $\Omega$
	Analog Input Voltage Range	(Note 4) $V(+)$ or $V(-)$	GND-0.10		$V_{CC}+0.10$	$V_{CC}$
$V_{REF-}$	Voltage, Top of Ladder	Measured at Ref(+)		$V_{REF}$	$V_{CC}+0.1$	V
$\frac{V_{REF(+)} - V_{REF(-)}}{2}$	Voltage, Center of Ladder		$V_{CC}/2-0.1$	$V_{CC}/2$	$V_{CC}/2+0.1$	V
$V_{REF-}$	Voltage, Bottom of Ladder	Measured at Ref(-)	-0.1	0		V
$I_{IN}$	Comparator Input Current	$f_c=840$ kHz, (Note 6)	-2	$\pm 0.5$	2	$\mu\text{A}$

**Electrical Characteristics**

Digital Levels and DC Specifications: ADC0808CCN, ADC0808CCV, ADC0809CCN and ADC0809CCV,  $4.75 \leq V_{CC} \leq 5.25$ V, -40°C to  $T_A \leq +85^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>ANALOG MULTIPLEXER</b>						
$I_{OFF+}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5$ V, $V_{IN}=5$ V, $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$		10	200	nA $\mu\text{A}$
$I_{OFF-}$	OFF Channel Leakage Current	$V_{CC}=5$ V, $V_{IN}=0$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	-200 -1.0	-10		nA $\mu\text{A}$
<b>CONTROL INPUTS</b>						
$V_{INH1}$	Logical "1" Input Voltage		$V_{CC}-1.5$			V
$V_{INH0}$	Logical "0" Input Voltage				1.5	V
$I_{IN1}$	Logical "1" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=15$ V			1.0	$\mu\text{A}$
$I_{IN0}$	Logical "0" Input Current (The Control Inputs)	$V_{IN}=0$	-1.0			$\mu\text{A}$
$I_{CC}$	Supply Current	$f_{CLK}=840$ kHz		0.3	3.0	mA
<b>DATA OUTPUTS AND EOC (INTERRUPT)</b>						
$V_{OL1}$	Logical "1" Output Voltage	$I_D=-350$ $\mu\text{A}$	$V_{CC}-0.4$			V



## Functional Description

**Multiplexed:** The device contains an 8-channel single-ended analog signal multiplexer. A particular input channel is selected by using the address decoder. Table 7 shows the input states for the address lines to select any channel. The address is latched into the decoder on the low-to-high transition of the address latch enable signal.

TABLE 1.

SELECTED ANALOG CHANNEL	ADDRESS LINE		
	D	S	A
IN0	L	L	L
IN1	L	L	H
IN2	L	H	L
IN3	L	H	H
IN4	H	L	L
IN5	H	L	H
IN6	H	H	L
IN7	H	H	H

### CONVERTER CHARACTERISTICS

#### The Converter

The heart of this single chip data acquisition system is its 8-bit analog-to-digital converter. The converter is designed to give fast, accurate, and repeatable conversions over a wide range of temperatures. The converter is partitioned into 3 major sections: the 256R ladder network, the successive approximation register, and the comparator. The converter's digital outputs are positive true.

The 256R ladder network approach (Figure 1) was chosen over the conventional R/2R ladder because of its inherent monotonicity, which guarantees no missing digital codes. Monotonicity is particularly important in closed loop feedback control systems. A non-monotonic relationship can cause oscillations that will be catastrophic for the system. Additionally, the 256R network does not cause load variations on the reference voltage.

The bottom resistor and the top resistor of the ladder network in Figure 1 are not the same value as the remainder of the network. The difference in these resistors causes the output characteristic to be symmetrical with the zero and full-scale points of the transfer curve. The first output transition occurs when the analog signal has reached  $+1/2$  LSB and succeeding output transitions occur every 1 LSB later up to full-scale.

The successive approximation register (SAR) performs 8 iterations to approximate the input voltage. For any SAR type converter,  $n$  iterations are required for an  $n$ -bit converter. Figure 2 shows a typical example of a 3-bit converter. In the ADC0808, ADC0809, the approximation technique is extended to 8 bits using the 256R network.

The A/D converter's successive approximation register (SAR) is reset on the positive edge of the start conversion (SC) pulse. The conversion is begun on the falling edge of the start conversion pulse. A conversion in process will be interrupted by receipt of a new start conversion pulse. Continuous conversion may be accomplished by tying the end-of-conversion (EOC) output to the SC input. If used in this mode, an external start conversion pulse should be applied after power up. End-of-conversion will go low between 5 and 6 clock pulses after the rising edge of start conversion.

The most important section of the A/D converter is the comparator. It is this section which is responsible for the ultimate accuracy of the entire converter. It is also the comparator drift which has the greatest influence on the repeatability of the device. A chopper-stabilized comparator provides the most effective method of satisfying all the converter requirements.

The chopper-stabilized comparator converts the DC input signal into an AC signal. This signal is then fed through a high gain AC amplifier and has the DC level restored. This technique limits the drift component of the amplifier since the drift is a DC component which is not passed by the AC amplifier. This makes the entire A/D converter extremely insensitive to temperature, long term drift and input offset errors.

Figure 4 shows a typical error curve for the ADC0808 as measured using the procedures outlined in AN-179.

Functional Description (Continued)

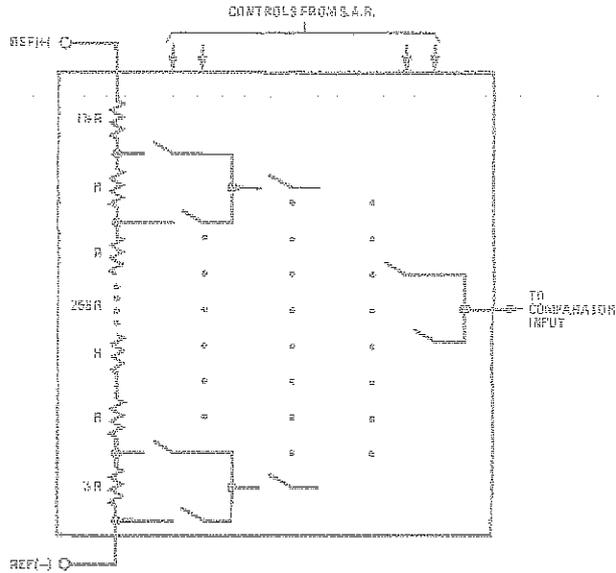


FIGURE 1. Resistor Ladder and Switch Tree

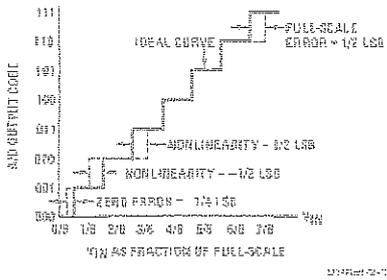


FIGURE 2. 3-Bit A/D Transfer Curve

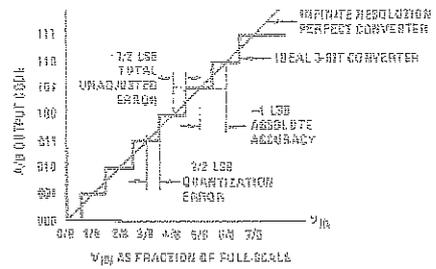


FIGURE 3. 3-Bit A/D Absolute Accuracy Curve

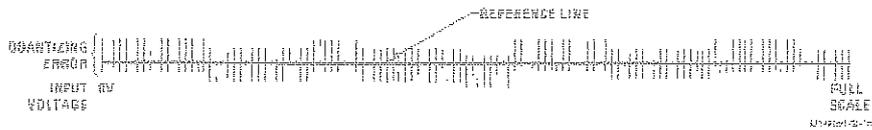


FIGURE 4. Typical Error Curve

# Timing Diagram

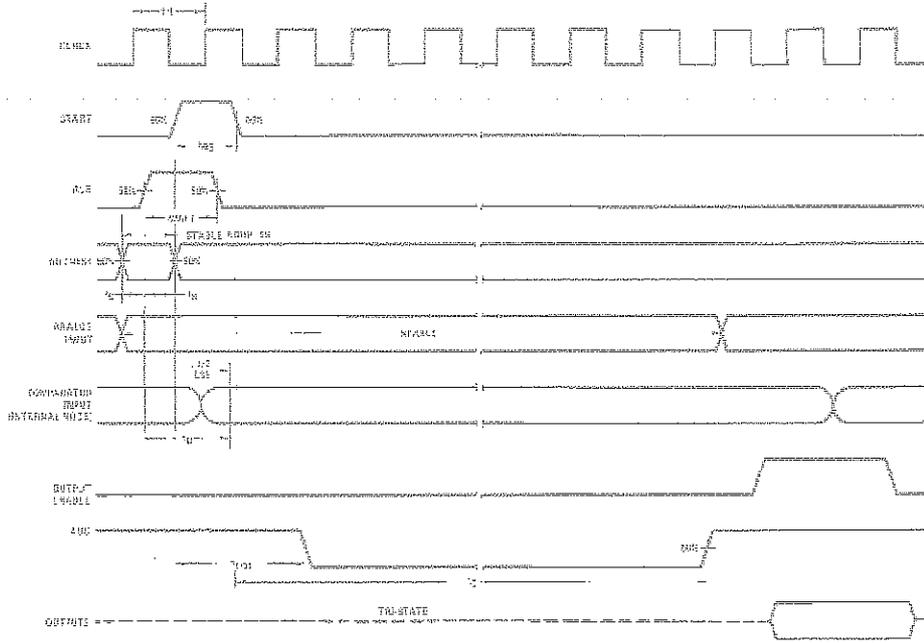


FIGURE 5.

LS32101-01-4

## Typical Performance Characteristics

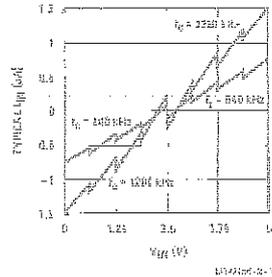


FIGURE 6. Comparator  $I_{IN}$  vs  $V_{IN}$   
( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )

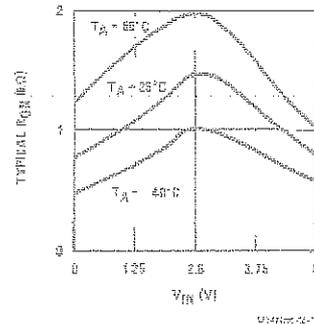


FIGURE 7. Multiplexer  $R_{ON}$  vs  $V_{IN}$   
( $V_{CC}=V_{REF}=5V$ )

## TRI-STATE Test Circuits and Timing Diagrams

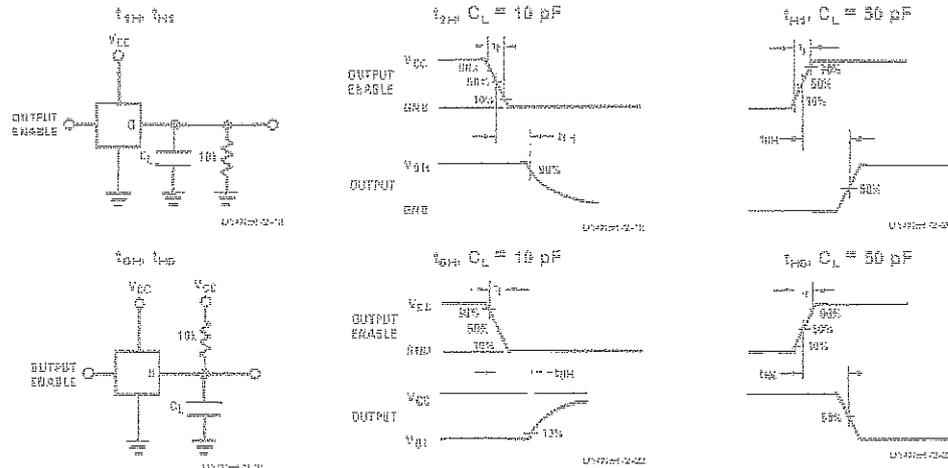


FIGURE 8.

## Applications Information

### OPERATION

#### 1.6 RATIO-METRIC CONVERSION

The ADC0808, ADC0809 is designed as a complete Data Acquisition System (DAS) for ratio-metric conversion systems. In ratio-metric systems, the physical variable being measured is expressed as a percentage of full-scale which is not necessarily related to an absolute standard. The voltage input to the ADC0808 is expressed by the equation

$$\frac{V_{IN}}{V_{FS}} = \frac{D_x}{D_{MAX} - D_{MIN}} \quad (1)$$

$V_{IN}$  = Input voltage into the ADC0808

$V_{FS}$  = Full-scale voltage

$V_Z$  = Zero voltage

$D_x$  = Data point being measured

$D_{MAX}$  = Maximum data limit

$D_{MIN}$  = Minimum data limit

A good example of a ratio-metric transducer is a potentiometer used as a position sensor. The position of the wiper is directly proportional to the output voltage which is a ratio of the full-scale voltage across it. Since the data is represented as a proportion of full-scale, referenced requirements are greatly reduced, eliminating a large source of error and cost for many applications. A major advantage of the ADC0808, ADC0809 is that the input voltage range is equal to the supply range so the transducers can be connected directly across the supply and their outputs connected directly into the multiplexer inputs, (Figure 5).

Ratio-metric transducers such as potentiometers, strain gauges, thermistor bridges, pressure transducers, etc., are suitable for measuring proportional relationships; however, many types of measurements must be referred to an absolute standard such as voltage or current. This means a sys-

## Applications Information (Continued)

cent reference must be used which relates the full-scale voltage to the standard volt. For example, if  $V_{CC} = V_{REF} = 5.12V$ , then the full-scale range is divided into 256 standard steps. The smallest standard step is 1 LSB which is then 20 mV.

### 2.0 RESISTOR LADDER LIMITATIONS

The voltages from the resistor ladder are compared to the selected into 8 times in a conversion. These voltages are coupled to the comparator via an analog switch tree which is referenced to the supply. The voltages at the top, center and bottom of the ladder must be controlled to maintain proper operation.

The top of the ladder,  $REF(+)$ , should not be more positive than the supply, and the bottom of the ladder,  $REF(-)$ , should not be more negative than ground. The center of the ladder voltage must also be near the center of the supply because the analog switch tree changes from N-channel switches to P-channel switches. These limitations are automatically satisfied in ratiometric systems and can be easily met in ground referenced systems.

Figure 10 shows a ground referenced system with a separate supply and reference. In this system, the supply must be trimmed to match the reference voltage. For instance, if a 5.12V is used, the supply should be adjusted to the same voltage within 0.1V.

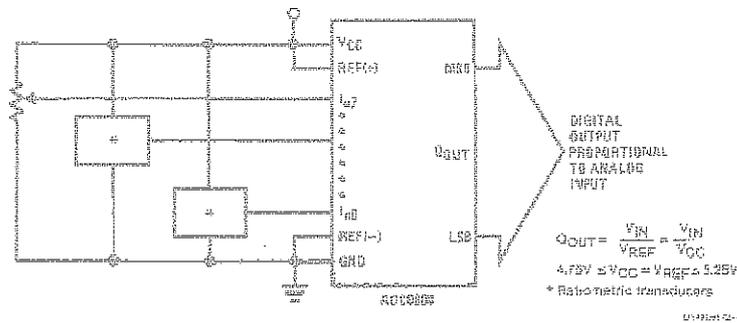
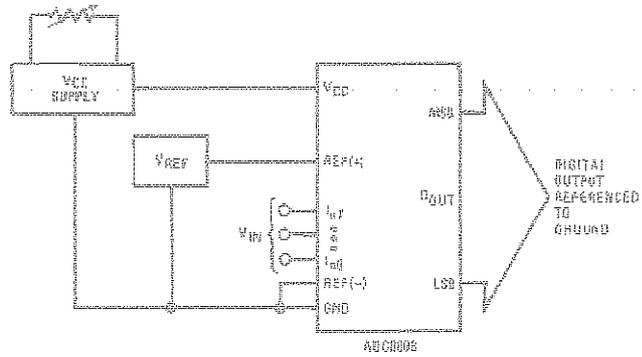


FIGURE 9. Ratiometric Conversion System

The ADC0809 needs less than a milliamp of supply current so developing the supply from the reference is readily accomplished. In Figure 11 a ground referenced system is shown which generates the supply from the reference. The buffer shown can be an op amp of sufficient drive to supply the milliamp of supply current and the desired bus drive, or if a capacitive bus is driven by the outputs a large capacitor will supply the transient supply current as seen in Figure 12. The LM301 is overcompensated to insure stability when loaded by the 10 pF output capacitor.

The top and bottom ladder voltages cannot exceed  $V_{CC}$  and ground, respectively, but they can be symmetrically less than  $V_{CC}$  and greater than ground. The center of the ladder voltage should always be near the center of the supply. The sensitivity of the converter can be increased, (i.e., size of the LSB steps decreased) by using a symmetrical reference system. In Figure 13, a 2.5V reference is symmetrically centered about  $V_{CC}/2$  since the same current flows in identical resistors. This system with a 2.5V reference allows the LSB bit to be half the size of a 5V reference system.

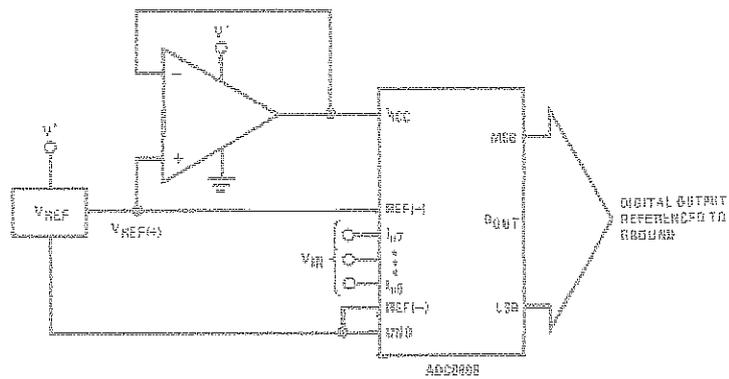
Applications Information (Continued)



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$1.25V \leq V_{CC} - V_{REF} \leq 5.25V$$

FIGURE 10. Ground Referenced Conversion System Using Trimmed Supply



$$Q_{OUT} = \frac{V_{IN}}{V_{REF}}$$

$$1.25V \leq V_{CC} - V_{REF} \leq 5.25V$$

FIGURE 11. Ground Referenced Conversion System with Reference Generating Vcc Supply

Applications Information (Continued)

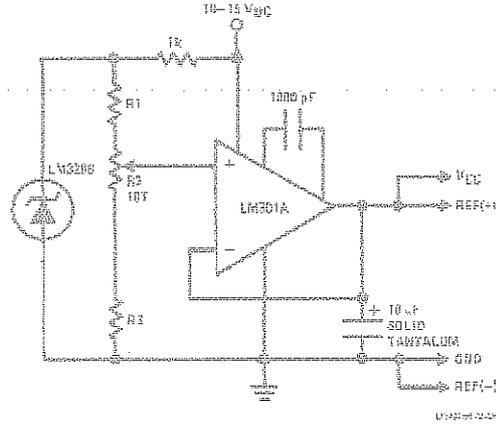


FIGURE 12. Typical Reference and Supply Circuit

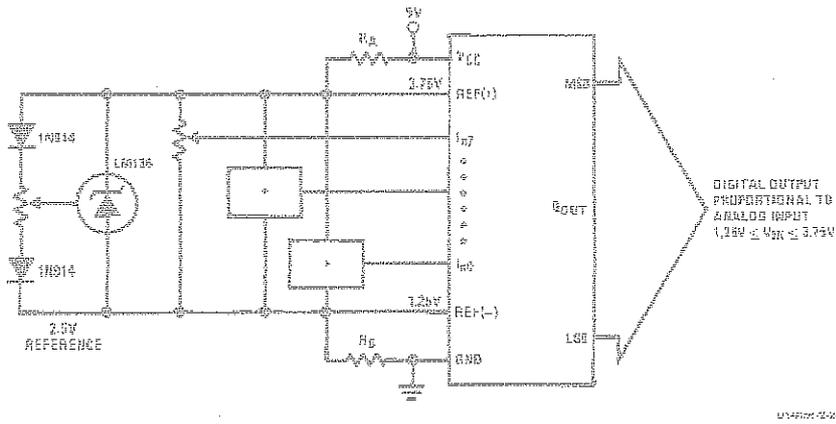


FIGURE 13. Symmetrically Centered Reference

$R_A = R_B$   
 \*Ratio-metric transducers

**ΔΣ CONVERTER EQUATIONS**

The transition between adjacent codes N and N+1 is given by:

$$V_{IN} - \left( V_{REF+} + V_{REF-} \right) \left[ \frac{N}{256} + \frac{1}{512} \right] = V_{TUE} \quad V_{REF+} - 1 \quad (2)$$

The center of an output code N is given by:

$$V_{IN} \left[ V_{REF+} - V_{REF-} \right] \left[ \frac{N}{256} \right] + V_{TUE} \left[ V_{REF+} \right] \quad (3)$$

The output code N for an arbitrary input and the integers within the range:

$$N = \frac{V_{IN} - V_{REF-}}{V_{REF+} - V_{REF-}} / 256 \quad \text{Absolute Accuracy} \quad (4)$$

Where:

- $V_{IN}$  = Voltage at comparator input
- $V_{REF+}$  = Voltage at Ref(+)
- $V_{REF-}$  = Voltage at Ref(-)
- $V_{TUE}$  = Total unadjusted error voltage (typically  $V_{REF+} + 512$ )

## Applications Information (Continued)

### 4.5 ANALOG COMPARATOR INPUTS

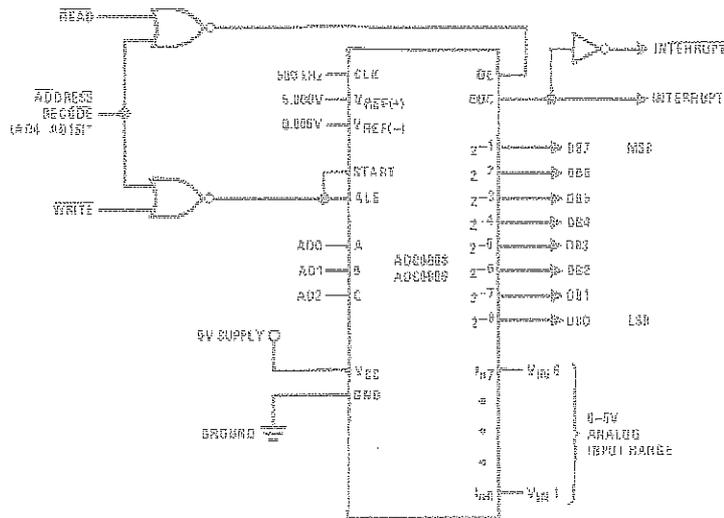
The dynamic comparator input current is caused by the periodic switching of on-chip stray capacitances. These are connected alternately to the output of the resistor ladder switch tree network and to the comparator input as part of the operation of the chopper stabilized comparator.

The average value of the comparator input current varies directly with clock frequency and with  $V_{BI}$  as shown in Figure 8.

If no filter capacitors are used at the analog inputs and the signal source impedances are low, the comparator input current should not introduce converter errors, as the transient created by the capacitance discharge will die out before the comparator output is strobed.

If input filter capacitors are desired for noise reduction and signal conditioning they will tend to average out the dynamic comparator input current. It will then take on the characteristics of a DC bias current whose effect can be predicted conventionally.

### Typical Application

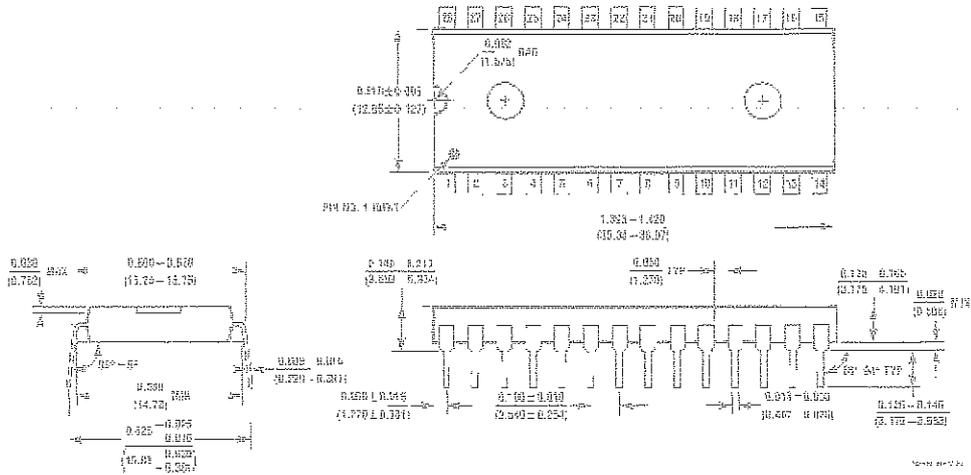


\*Address stores needed for 8086 and 80387 interfacing the ADDRESS to a microprocessor

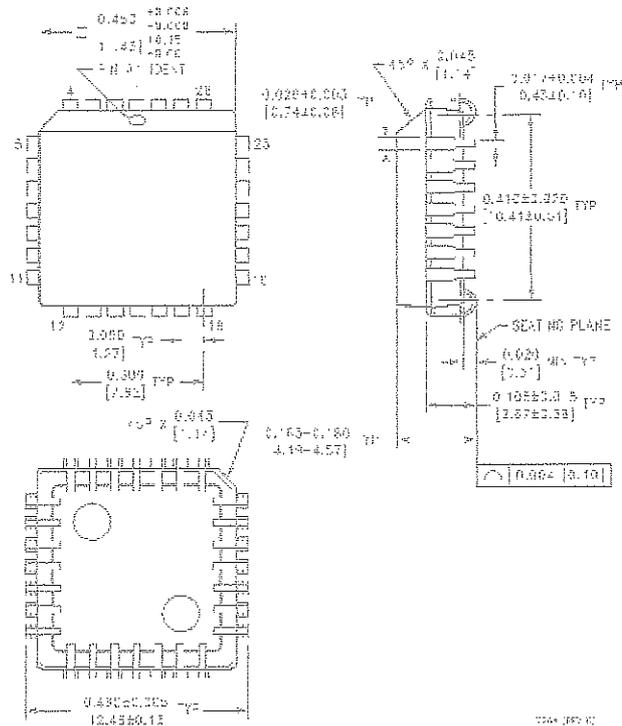
TABLE 2. Microprocessor Interface Table

PROCESSOR	READ	WRITE	INTERRUPT (COMMENT)
8086	MEMR	MEMW	INTR (Thru RST Circuit)
8085	RD	WR	INTR (Thru RST Circuit)
Z-80	RD	WR	INT (Thru RST Circuit, Mode 0)
8086	NRDS	NWDS	SA (Thru Sense A)
8086	MAA <sub>12</sub> +RD	MAA <sub>12</sub> +RW	IRCSA or IRCSB (Thru PIA)

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



Molded Dual-In-Line Package (N)  
 Order Number ADC0809CCN or ADC0809CCN  
 NS Package Number N288



Molded Chip Carrier (V)  
 Order Number ADC0809CCV or ADC0809CCV  
 NS Package Number V28A

Notes

**LIFE SUPPORT POLICY**

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which: (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

 <p>National Semiconductor Corporation                      Americas                      Tel: 1 800 272 9959                      Tel: 1 908 727 7010                      Fax: (973) 764-2000</p>	<p>National Semiconductor Europe                      Tel: +49 (0) 1 90 530 35 35                      Fax: +49 (0) 1 90 530 35 35                      E-mail: europe.support@ns.com                      Germany Tel: +49 (0) 1 91 932 79 02                      Hungary Tel: +49 (0) 1 90 530 35 35                      Italy Tel: +49 (0) 1 90 530 35 35</p>	<p>National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group                      Tel: 65 2544 4000                      Fax: 65 2544 4000                      E-mail: asiapac.support@ns.com</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd.                      Tel: 81 3 5561 7500                      Fax: 81 3 5561 7507</p>
<p>www.nsc.com</p>			

National does not assume any responsibility for use of any circuit described in this data sheet except as expressly indicated in this data sheet. National reserves the right at any time without notice to change the design and specifications of any product.

## ANEXO D

### CODIFICACION SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS

FuzzyInv.c

```
#include <graphics.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <conio.h>
#include "clips.h"

#define ESC 0x1b

void Pause(void);

int main(void)
{
    int tsen, dispenc, dispenc1;
    int dis, cal, ba, numin;
    float temp, hr, tmp, tmp1;

    InitializeEnvironment();
    Load("invfuz.clp");

    int gdriver = DETECT, gmode, errorcode;
    initgraph(&gdriver, &gmode, "");

    setbkcolor(BLUE);
    settextstyle(TRIPLEX_FONT, HORIZ_DIR, 4);
    outtextxy(90, 10, "CONTROL DE INVERNADEROS");
    settextstyle(TRIPLEX_FONT, HORIZ_DIR, 2);
    outtextxy(70, 45, "Disipador");
```

```

outtextxy(272, 45, "Calefactor");
outtextxy(494, 45, "B. Agua");
setfillstyle(SOLID_FILL, RED);
settextstyle(SMALL_FONT, HORIZ_DIR, 4);
outtextxy(8, 118, "100%");
outtextxy(190, 118, "0%");
sector(110, 220, 40, 140, 100, 150);
outtextxy(220, 118, "100%");
outtextxy(402, 118, "0%");
sector(322, 220, 40, 140, 100, 150);
outtextxy(432, 118, "100%");
outtextxy(614, 118, "0%");
sector(534, 220, 40, 140, 100, 150);
outtextxy(220, 450, "Presione ESC para salir del sistema...");

```

apagados:

```

//TIEMPO DE SENSADO

```

```

tsen = 0;

```

```

setfillstyle(SOLID_FILL, BLUE);

```

```

bar(380, 250, 430, 280);

```

```

gotoxy(20, 21);

```

```

printf("Esperando para sensar...");

```

```

gotoxy(2, 25);

```

```

printf(" ");

```

```

do

```

```

{

```

```

    delay(60000);

```

```

    tsen++;

```

```

    gotoxy(2, 25);

```

```

    printf("Ha pasado %d min.",tsen);

```

```

    if (kbhit())

```

```

        Pause();

```

```

}while(tsen != 2);

//FIN DE TIEMPO DE SENSADO
gotoxy(20, 21);
printf("          ");
encendidos:
for(numin = 1; numin<3; numin++)      //NUMERO DE INVERNADEROS + 1
{
//SENSADO DE DATOS
gotoxy(20, 21);
printf("Sensando datos...");
setfillstyle(SOLID_FILL, RED);
settextstyle(SMALL_FONT, HORIZ_DIR, 4);
outtextxy(8, 118, "100%");
outtextxy(190, 118, "0%");
sector(110, 220, 40, 140, 100, 150);
outtextxy(220, 118, "100%");
outtextxy(402, 118, "0%");
sector(322, 220, 40, 140, 100, 150);
outtextxy(432, 118, "100%");
outtextxy(614, 118, "0%");
sector(534, 220, 40, 140, 100, 150);
setfillstyle(SOLID_FILL, BLUE);
bar(380, 250, 430, 280);
setcolor(LIGHTCYAN);
settextstyle(TRIPLEX_FONT, HORIZ_DIR, 3);
outtextxy(100, 250, "Sensando Invernadero #:");
settextstyle(TRIPLEX_FONT, HORIZ_DIR, 4);
switch (numin)
{
case 1: outtextxy(385, 248, "1");
break;

```

```

case 2: outtextxy(385, 248, "2");
        break;
case 3: outtextxy(385, 248, "3");
        break;
case 4: outtextxy(385, 248, "4");
        break;
}

if dispenc = 1
{
    Outport (&H378, ((aux1-1) * 2));
    tmp = Inport(&H379);
    tmp1 = Inport(&H37A);
    tmp1 = tmp1 * &H10;
    tmp = tmp + tmp1;
    temp = (50 * tmp) / &HFF;

    Outport (&H378, (((aux1-1) * 2) + 1));
    tmp = Inport(&H379);
    tmp1 = Inport(&H37A);
    tmp1 = tmp1 * &H10;
    tmp = tmp + tmp1;
    hr = (100 * tmp) / &HCD;
}
Else
{
    Outport (&H378, (((aux1-1) * 2) + 64));
    tmp = Inport(&H379);
    tmp1 = Inport(&H37A);
    tmp1 = tmp1 * &H10;
    tmp = tmp + tmp1;
    temp = (50 * tmp) / &HFF;
}

```

```

    Outport (&H378, (((aux1-1) * 2) + 1) + 64));
    tmp = Inport(&H379);
    tmp1 = Inport(&H37A);
    tmp1 = tmp1 * &H10;
    tmp = tmp + tmp1;
    hr = (100 * tmp) / &HCD;
}

```

```

gotoxy(65, 24);
printf("Temperatura: %.2f", temp);
gotoxy(65, 25);
printf("Hum. Rel.: %.2f", hr);
gotoxy(65, 24);
printf("      ");
gotoxy(65, 25);
printf("      ");
//FIN DE SENSADO DE DATOS

//REGLAS DE CONTROL TEMPERATURA Y HUMEDAD
if (((temp>=20.5) && (temp<=21.5)) && ((hr>=65) && (hr<=80)))
{
    if (((temp>=20.5) && (temp<=21.5) && (numin == 2)) && ((hr>=65) && (hr<=80)
&& (numin == 2))) //NUMERO DE INVERNADEROS
    {
        dis = 0;
        cal = 0;
        ba = 0;
        gotoxy(20, 20);

```

```

printf("Invernaderos en Estado Ideal...");
dispenc = 1;
outport (&H378, 0);
goto apagados;
}
else
if (numin == 2)           //NUMERO DE INVERNADEROS
{
dispenc = 0;
goto encendidos;
}
}
else
{
//MODULO FUZZY CLIPS
Clear();
Load("invfuz.clp");
Assert(temp (s temp-1 temp) (time (s 29 30))))
Assert(hr (s hr-1 hr) (time (s 29 30))))
Reset();
Run(-1L);

//TOMA DE ACCIONES SIMULADA
setfillstyle(SOLID_FILL, GREEN);
sector(110, 220, 40, 140 - (100 - dis), 100, 150);
sector(322, 220, 40, 140 - (100 - cal), 100, 150);
sector(534, 220, 40, 140 - (100 - ba), 100, 150);
gotoxy(13, 7);
printf("%d %",dis);
gotoxy(39, 7);
printf("%d %",cal);
gotoxy(66, 7);

```

```

printf("%d %",ba);
if (numin == 2)          //NUMERO DE INVERNADEROS
{
    dispenc = 0;
    goto encendidos;
}
//FIN DE TOMA DE ACCIONES
}
//FIN DE REGLAS DE CONTROL TEMPERATURA Y HUMEDAD

gotoxy(2, 25);
printf("          ");
gotoxy(20, 25);
printf("Presione cualquier tecla para continuar");
getch();
gotoxy(20, 25);
printf("          ");
}
closegraph();
return 0;
}

void Pause(void)
{
    int c;
    c = getch();
    if( ESC == c )
    {
        closegraph();
        exit( 1 );
    }
    if( 0 == c )

```

```
{  
  c = getch();  
}  
cleardevice();  
}
```

invfuz.clp

```
(deftemplate temp  
  0 50 C  
  ((min (Z 15 20.5))  
   (max (S 21.5 28)))  
  )  
)
```

```
(deftemplate hr  
  0 100 Pc  
  ((min (Z 20 65))  
   )  
  )  
)
```

```
(deftemplate time  
  0 300 Min  
  ((min (S 30 90))  
   (max (S 90 180)))  
  )  
)
```

```
(deftemplate disipador  
  0 1 units  
  ((low (Z .05 .5))  
   (high(S .5 .9)))  
  )  
)
```

```
)  
)
```

```
(deftemplate calefactor  
  0 1 units  
  ((low (Z .05 .5))  
   (high(S .5 .9))  
  )  
)
```

```
(deftemplate b_agua  
  0 1 units  
  ((low (Z .05 .5))  
   (high(S .5 .9))  
  )  
)
```

```
(defrule min_min  
  (temp min)  
  (time min)  
=> (assert (calefactor low))  
)
```

```
(defrule min_max  
  (temp min)  
  (time max)  
=> (assert (calefactor high))  
)
```

```
(defrule max_min  
  (temp max)  
  (time min)
```

```
=> (assert (disipador low))
)
```

```
(defrule max_max
  (temp max)
  (time max)
  => (assert (disipador high))
)
```

```
(defrule min_min
  (hr min)
  (time min)
  => (assert (b_agua low))
)
```

```
(defrule min_max
  (hr min)
  (time max)
  => (assert (b_agua high))
)
```

```
(defrule resp_dis
  (declare (salience -100))
  ?d <- (disipador ?)
  =>
  (bind ?a(moment-defuzzify ?d))
  (printout t "Disipador = " ?a crlf)
)
```

```
(defrule resp_cal
  (declare (salience -100))
  ?c<-(calefactor ?)
```

```
=>
(bind ?f(moment-defuzzify ?c))
(printout t "Calefactor = " ?f crif)
)

(defrule resp_cal
  (declare (salience -100))
  ?b<-(b_agua ?)
=>
(bind ?f(moment-defuzzify ?b))
(printout t "Bomba de Agua = " ?f crif)
)
```

## ANEXO E

### CODIFICACIÓN SISTEMA EN VISUAL BASIC

frmprincipal

```
Dim tempaux As Double
```

```
Dim hraux As Double
```

```
Dim aux, aux1, aux2 As Integer
```

```
Dim clk1, clk2, clk3, clkaux As Integer
```

```
Dim aclk1, aclk2, aclk3, aclkaux As Date
```

```
Dim dispenc, dispaux, dispaux1 As Integer
```

```
Dim tmp, tmp1 As Variant
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
For aux2 = 0 To 1 '# de Invernaderos - 1
```

```
    lblcon(aux2).BackColor = &H8080FF
```

```
    lblcoff(aux2).BackColor = &H80FF80
```

```
    lblon(aux2).BackColor = &H8080FF
```

```
    lbloff(aux2).BackColor = &H80FF80
```

```
    lblbon(aux2).BackColor = &H8080FF
```

```
    lblboff(aux2).BackColor = &H80FF80
```

```
    dispaux = 1
```

```
Next aux2
```

```
StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensar..."
```

```
StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Apagados..."
```

```
StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Apagados..."
```

```
StatusBar1.Panels(4).Text = "Bombas de Agua Apagadas..."
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_QueryUnload(Cancel As Integer, UnloadMode As Integer)
```

```
Cancel = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Salir_Click()
```

```
frmLogin.Show
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
Static ContadorTimer As Integer
```

```
ContadorTimer = ContadorTimer + 1
```

```
lbltiemporegre.Caption = "Han pasado " & ContadorTimer & " minuto(s)"
```

```
If ContadorTimer = 3 Then 'Tiempo en minutos
```

```
ContadorTimer = 0
```

```
aux = aux + 1
```

```
lblaux.Caption = "Se han sentido " & aux & " veces" & " desde que se inicio el  
sistema"
```

```
lbltiemporegre.Caption = ""
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
Timer2.Enabled = True
```

```
StatusBar1.Panels(1).Text = "Sensando datos..."
```

```
aux1 = 0
```

```
Else
```

```
Exit Sub
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Timer()
```

```
Static ContadorTimer1 As Integer, aux As Integer
```

```
ContadorTimer1 = ContadorTimer1 + 1
```

```
If ContadorTimer1 = 1 Then
```

```
ContadorTimer1 = 0
```

```
'Sensado de datos
```

```
'tempaux = Val(txttemp.Text)
```

```
'hraux = Val(bxthr.Text)
```

'Puerto paralelo

If dispenc = 1 Then

Out &H378, (aux1 \* 2)

tmp = Inp(&H379)

tmp1 = Inp(&H37A)

tmp1 = tmp1 \* &H10 'corrimiento de los MSB 4 veces a la izq.

tmp = tmp + tmp1 'Dato de 8 bits que varia de 00 a FF

tempaux = (50 \* tmp) / &HFF ' Temperatura en Grad. Celsius tipo Double

Out &H378, ((aux1 \* 2) + 1)

tmp = Inp(&H379)

tmp1 = Inp(&H37A)

tmp1 = tmp1 \* &H10 'corrimiento de los MSB 4 veces a la izq.

tmp = tmp + tmp1 'Dato de 8 bits que varia de 00 a FF

hraux = (100 \* tmp) / &HCD ' Humedad Relativa en % tipo Double

Else

Out &H378, ((aux1 \* 2) + 64)

tmp = Inp(&H379)

tmp1 = Inp(&H37A)

tmp1 = tmp1 \* &H10 'corrimiento de los MSB 4 veces a la izq.

tmp = tmp + tmp1 'Dato de 8 bits que varia de 00 a FF

tempaux = (50 \* tmp) / &HFF ' Temperatura en Grad. Celsius tipo Double

Out &H378, (((aux1 \* 2) + 1) + 64)

tmp = Inp(&H379)

tmp1 = Inp(&H37A)

tmp1 = tmp1 \* &H10 'corrimiento de los MSB 4 veces a la izq.

tmp = tmp + tmp1 'Dato de 8 bits que varia de 00 a FF

hraux = (100 \* tmp) / &HCD ' Humedad Relativa en % tipo Double

End If

'Fin puerto paralelo

```

lbltemp(aux1).Caption = tempaux
lblhr(aux1).Caption = hraux
lblfecha(aux1).Caption = Date
lblhora(aux1).Caption = Time
'Fin de sensado de datos
'Tiempo fuera de temperatura optima
If aux1 = 0 And dispaux = 1 Then
'Configuracion Relojos
If tempaux <= 20.4 And tempaux >= 18.1 Then
    clk2 = 0
    clk3 = 0
    clkaux = 1
Else
    If tempaux <= 18 And tempaux >= 16.2 Then
        clk3 = 0
        clkaux = 1
    End If
End If
If tempaux >= 21.6 And tempaux <= 23.9 Then
    clk2 = 0
    clk3 = 0
    clkaux = 1
Else
    If tempaux >= 24 And tempaux <= 26.8 Then
        clk3 = 0
        clkaux = 1
    End If
End If
'Fin configuracion relojes
'Relojes
If tempaux <= 20.4 And tempaux >= 18.1 And clk1 = 0 Then

```

```

ack1 = Time
ack2 = "00:00:00"
ack3 = "00:00:00"
Else
  If tempaux <= 18 And tempaux >= 16.2 And clk2 = 0 Then
    ack2 = Time
    ack3 = "00:00:00"
  Else
    If tempaux <= 16.1 And tempaux >= 15.1 And clk3 = 0 And cikaux = 1 Then
      cikaux = 0
      ack3 = Time
    End If
  End If
End If
If tempaux >= 21.6 And tempaux <= 23.9 And clk1 = 0 Then
  ack1 = Time
  ack2 = "00:00:00"
  ack3 = "00:00:00"
Else
  If tempaux >= 24 And tempaux <= 26.8 And clk2 = 0 Then
    ack2 = Time
    ack3 = "00:00:00"
  Else
    If tempaux >= 26.9 And tempaux <= 27.9 And clk3 = 0 And cikaux = 1 Then
      cikaux = 0
      ack3 = Time
    End If
  End If
End If
'Fin relojes
'Calculo del tiempo
If ack1 <> "00:00:00" Then

```

```

    lblhclk1.Caption = Hour(Time - aclk1)
    lblmclk1.Caption = Minute(Time - aclk1)
    clk1 = Val((lblhclk1.Caption * 60) + lblmclk1.Caption)
End If
If aclk2 <> "00:00:00" Then
    lblhclk2.Caption = Hour(Time - aclk2)
    lblmclk2.Caption = Minute(Time - aclk2)
    clk2 = Val((lblhclk2.Caption * 60) + lblmclk2.Caption)
End If
If aclk3 <> "00:00:00" Then
    lblhclk3.Caption = Hour(Time - aclk3)
    lblmclk3.Caption = Minute(Time - aclk3)
    clk3 = Val((lblhclk3.Caption * 60) + lblmclk3.Caption)
End If
'Fin Calculo del tiempo
End If
'Fin de tiempo fuera de temperatura optima
'Reglas de control para temperatura
If lblon(aux1).BackColor = &H80FF80 Or lblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
Then
    If tempaux >= 20.5 And tempaux <= 21.5 Then
        lblcon(aux1).BackColor = &H8080FF
        lblon(aux1).BackColor = &H8080FF
        lblcoff(aux1).BackColor = &H80FF80
        lbldoff(aux1).BackColor = &H80FF80
        dispaux = 1
        clk1 = 0
        clk2 = 0
        clk3 = 0
        clkaux = 1
        StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensor..."
        StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Apagados..."
    End If
End If

```

```

    StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Apagados..."
    Timer2.Enabled = False
    Timer1.Enabled = True
    'Apagar Dispositivos
    Out &H378, 0
End If
Else
If tempaux <= 15 Then
    Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    Out &H378, ((aux1 * 24) + 8) + 64
    StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 28 Then
    Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    Out &H378, (aux1 * 24) + 64
    StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 15.1 And tempaux <= 16.1 And clk3 >= 9 Then
    Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0
    Out &H378, ((aux1 * 24) + 8) + 64
    StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 16.2 And tempaux <= 18 And clk2 >= 18 Then
    Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
    Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
    dispaux = 0

```

```

Out &H378, ((aux1 * 24) + 8) + 64
StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 18.1 And tempaux <= 20.4 And clk1 >= 36 Then
Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
dispaux = 0
Out &H378, ((aux1 * 24) + 8) + 64
StatusBar1.Panels(2).Text = "Calefactores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 21.6 And tempaux <= 23.9 And clk1 >= 36 Then
Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
dispaux = 0
Out &H378, (aux1 * 24) + 64
StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 24 And tempaux <= 26.8 And clk2 >= 18 Then
Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
dispaux = 0
Out &H378, (aux1 * 24) + 64
StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
Else
If tempaux >= 26.9 And tempaux <= 27.9 And clk3 >= 9 Then
Iblcon(aux1).BackColor = &H80FF80
Iblcoff(aux1).BackColor = &H8080FF
dispaux = 0
Out &H378, (aux1 * 24) + 64
StatusBar1.Panels(3).Text = "Disipadores Encendidos..."
End If
End If

```

```

        End If
    End If
End If
End If
End If
End If
End If
End If
'Fin de reglas de control para temperatura
'Reglas de control para humedad relativa
If lblbon(aux1).BackColor = &H80FF80 Then
    If hraux >= 65 And hraux <= 80 Then
        lblbon(aux1).BackColor = &H8080FF
        lblboff(aux1).BackColor = &H80FF80
        dispaux1 = 1
        clk1 = 0
        clk2 = 0
        clk3 = 0
        clkaux = 1
        StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensor..."
        StatusBar1.Panels(4).Text = "Bombas de Agua Apagados..."
        Timer2.Enabled = False
        Timer1.Enabled = True
    End If
Else
    If hraux <= 20 Then
        lblbon(aux1).BackColor = &H80FF80
        lblboff(aux1).BackColor = &H8080FF
        dispaux1 = 0
        Out &H378, ((aux1 * 24) + 16) + 64
        StatusBar1.Panels(4).Text = "Bombas de Agua Encendidas..."
    End If
End If

```

```

'Fin de Reglas de control para humedad relativa
'txtemp.Text = ""
'txthr.Text = ""
aux1 = aux1 + 1
If dispaux = 0 Then
    dispenc = 0
Else
    If dispaux1 = 0 Then
        dispenc = 0
    Else
        dispenc = 1
    End If
End If
If aux1 = 2 And dispenc = 1 Then    '# de Invernaderos
    'Apagar dispositivos
    Out &H378, 0
    Timer2.Enabled = False
    Timer1.Enabled = True
    For aux2 = 0 To 1    '# de Invernaderos - 1
        lblcon(aux2).BackColor = &H8080FF
        lblcoff(aux2).BackColor = &H80FF80
        lbldon(aux2).BackColor = &H8080FF
        lbldoff(aux2).BackColor = &H80FF80
        lblbon(aux2).BackColor = &H8080FF
        lblboff(aux2).BackColor = &H80FF80
        dispaux = 1
        dispaux1 = 1
    Next aux2
    StatusBar1.Panels(1).Text = "Esperando para sensar..."
Else
    If aux1 = 2 And dispenc = 0 Then    '# de Invernaderos
        aux1 = 0

```

```

    Timer2.Enabled = False
    Timer2.Enabled = True
Else
    Timer2.Enabled = False
    Timer2.Enabled = True
End If
End If
Else
    Exit Sub
End If
End Sub

```

frmlogin

Option Explicit

Public LoginSucceeded As Boolean

```

Private Sub cmdCancel_Click()
    'establecer la variable global a false
    'para indicar un inicio de sesión fallido
    LoginSucceeded = False
    Me.Hide
End Sub

```

```

Private Sub cmdOK_Click()
    'comprobar si la contraseña es correcta
    If txtPassword = "gioguito" Then
        'colocar código aquí para pasar al sub
        'que llama si la contraseña es correcta
        'lo más fácil es establecer una variable global
        LoginSucceeded = True
    End If
End Sub

```

```
Me.Hide
End
Else
'MsgBox "La contraseña no es válida. Vuelva a intentarlo", , "Inicio de sesión"
'txtPassword.SetFocus
'SendKeys "{Home}+{End}"
Me.Hide
End If
End Sub
```

#### Module1.bas

```
'Declaraciones de las funciones para el manejo de los puertos
Public Declare Function Inp Lib "inpout32.dll" Alias "Inp32" (ByVal PortAddress As Integer) As Integer
Public Declare Sub Out Lib "inpout32.dll" Alias "Out32" (ByVal PortAddress As Integer, ByVal Value As Integer)
```

## ANEXO F

### MANUAL DEL USUARIO

#### SISTEMA EN C CON FUZZYCLIPS

#### INSTALACIÓN

##### Software

Copie la carpeta FuzzyInv del CD de instalación a su disco duro.

##### Hardware

Para la instalación del hardware se debe conectar el conector suministrado al puerto paralelo, el cual estará conectado directamente al circuito que adquiere los datos y controla los dispositivos, luego debe realizarse las conexiones adecuadas de los sensores y dispositivos de corrección de los parámetros dentro del invernadero.

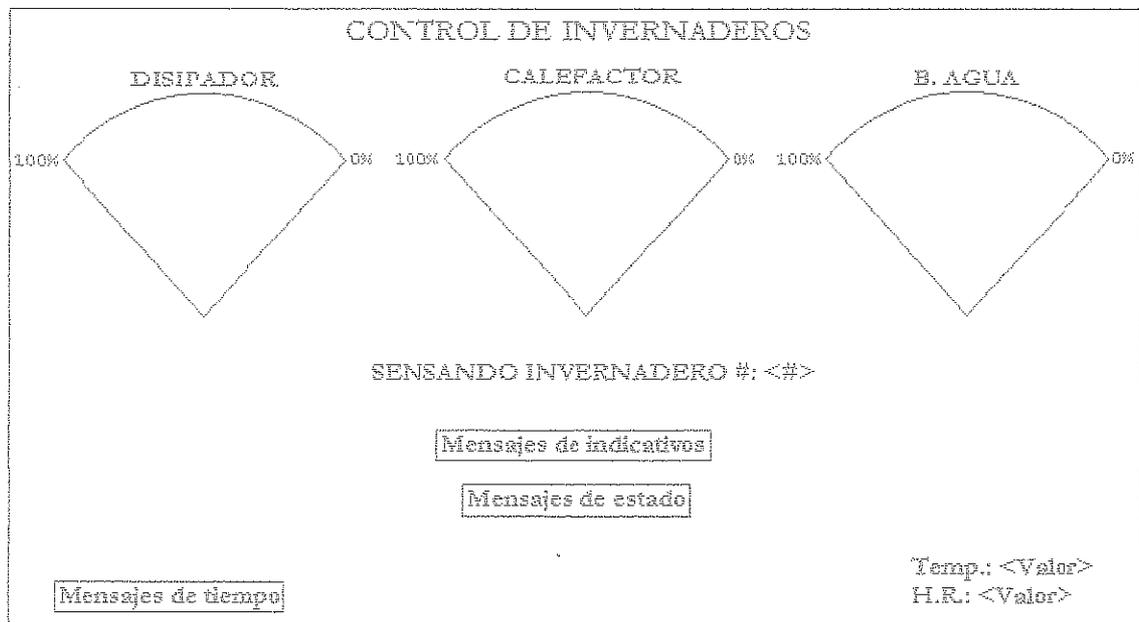
#### EJECUCIÓN

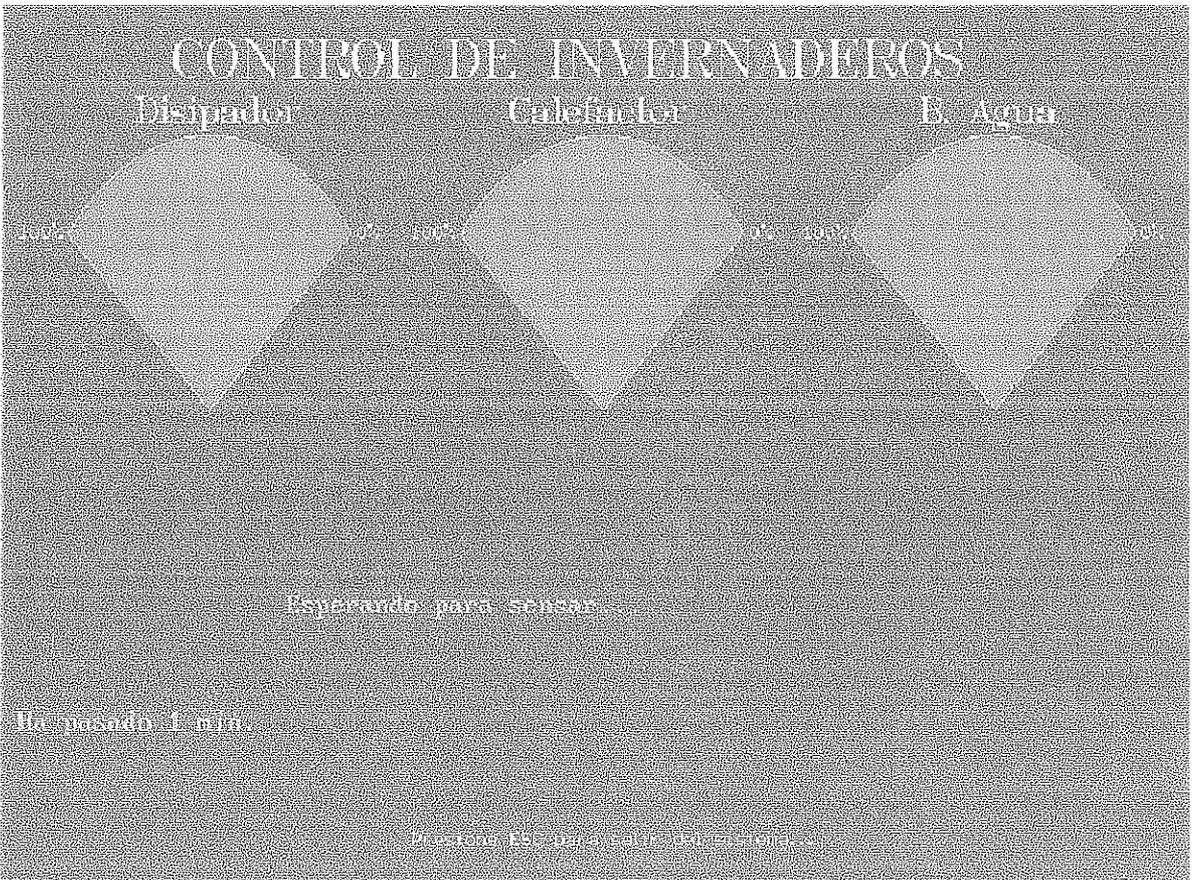
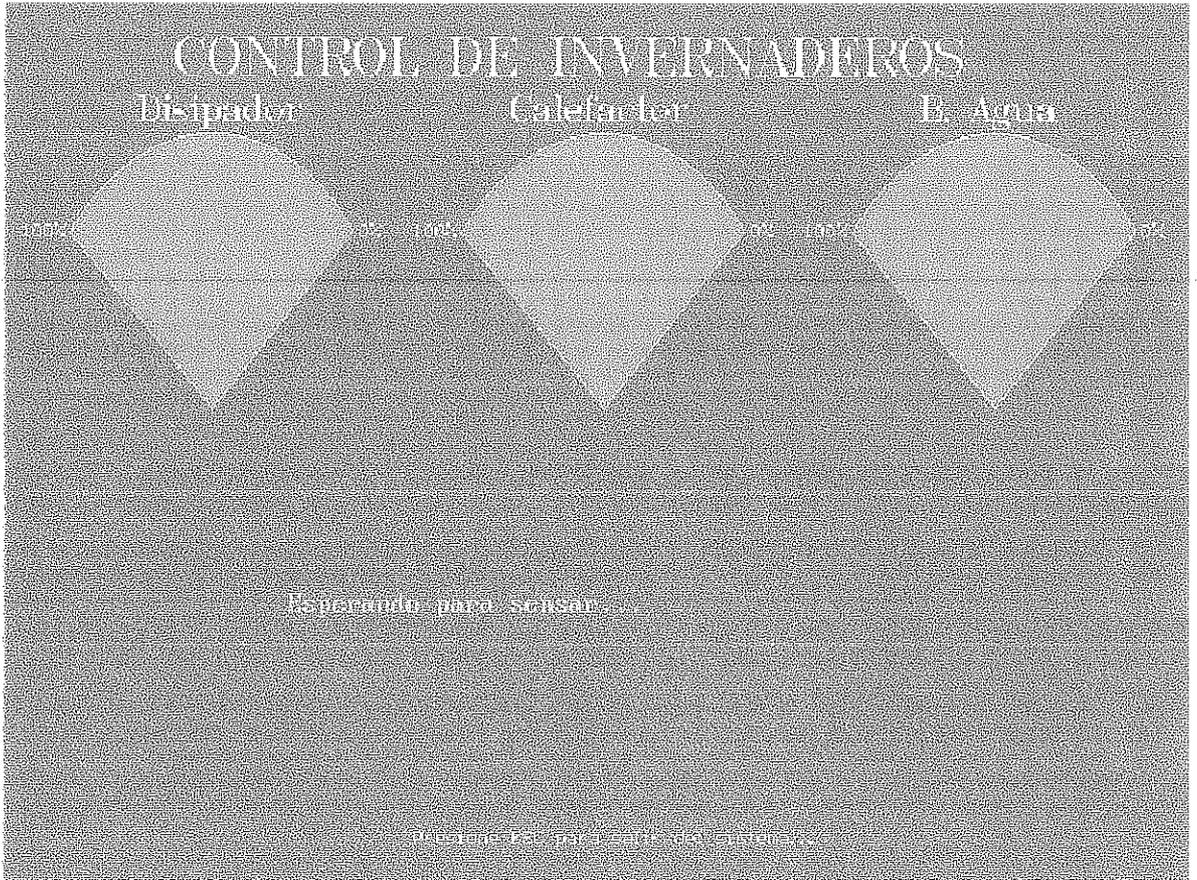
Una vez instalado correctamente el sistema, se deberá dar clic en el icono del sistema para ponerlo a funcionar, en el momento en que se habrá la ventana del sistema inmediatamente comenzará el conteo del tiempo entre sensado, teniendo que 30 minutos después de puesto a funcionar sensará por primera vez y de ahí en adelante seguirá manteniendo el control según los parámetros establecidos de temperatura, humedad y tiempo.

En la pantalla del sistema como se muestra a continuación en la figura, existen zonas en las que desplegaran mensajes de información, como tiempo transcurrido del tiempo de sensado, estado de los dispositivos de corrección de temperatura y humedad en una forma porcentual y estado del sistema (en Espera

o Sensando), lo cual facilitará al usuario saber que se encuentra realizando el sistema, además existe la zona en la cual se mostraran los datos sensados de temperatura, humedad, pero se mostraran en el momento en que sean sensados, teniendo que solo se podrá ver estos datos por cada invernadero, de igual forma los valores porcentuales de corrección se mostraran por cada invernadero.

Para salir del sistema se deberá presionar la tecla ESC, teniendo que esperar aproximadamente un minuto luego de presionada la tecla para que el sistema se cierre.





## SISTEMA EN VISUAL BASIC

### INSTALACIÓN

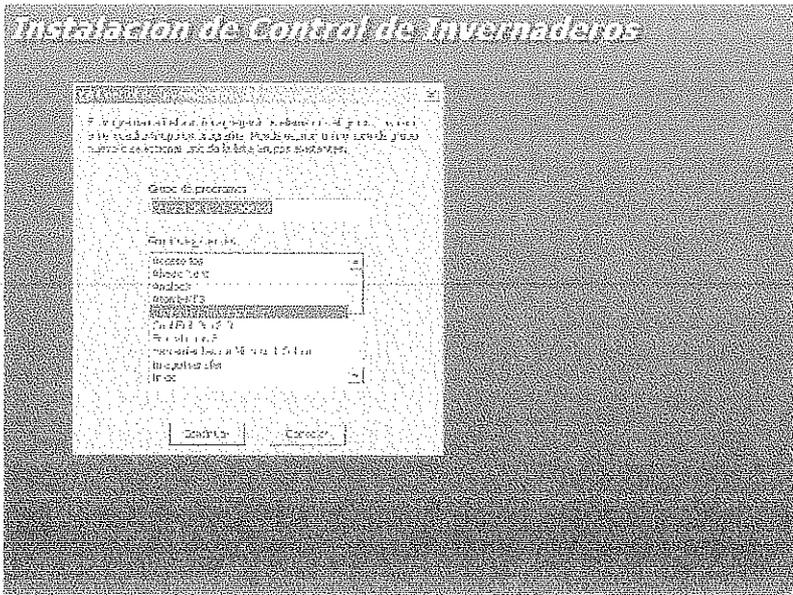
#### Software

Dar doble clic en el icono de Setup del disco de instalación. Seguir los pasos de la instalación.

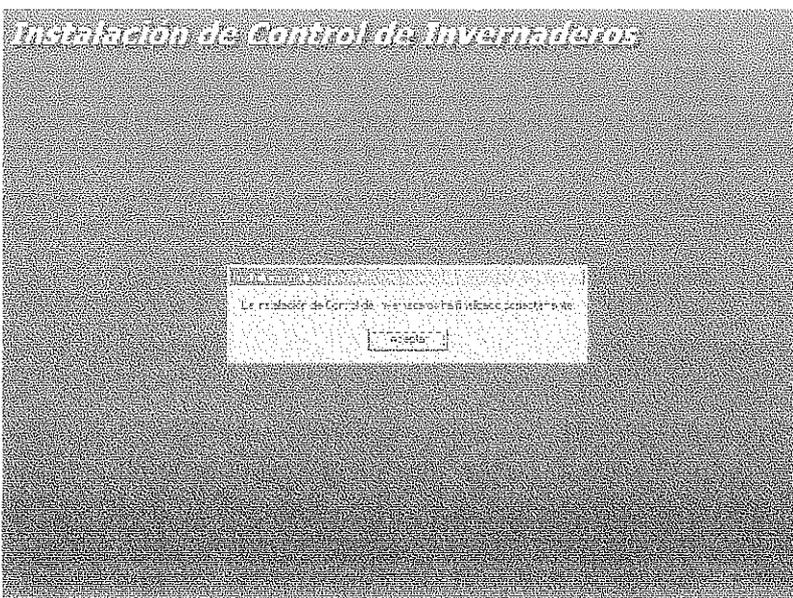


Dar clic en Aceptar.





Dar clic en continuar.



## Hardware

Para la instalación del hardware se debe conectar el conector suministrado al puerto paralelo, el cual estará conectado directamente al circuito que adquiere los datos y controla los dispositivos, luego debe realizarse las conexiones adecuadas de los sensores y dispositivos de corrección de los parámetros dentro del invernadero.



DATOS DE LOS INVERNADEROS										Mensajes de tiempo
Inv.	Temp.	H.R.	Fecha	Hora	Calefa.		Disip.		B. Agua	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>	<input type="button" value="ON"/>	<input type="button" value="OFF"/>

Contraseña:

Mensajes de estado

Para cerrar el sistema deberá utilizar el menú Salir, no se podrá utilizar la X como en los demás programas Windows, esto es una norma de seguridad para impedir que el sistema sea cerrado cuando se encuentra trabajando, entonces solo personal autorizado podrá cerrar el sistema de ser necesario, ya que cuando pulse el menú Salir, el sistema solicitará una Clave de Seguridad, si la clave es correcta el sistema se cerrará caso contrario no.

Salir

Han pasado 1 minuto(s)

*DAIOS DE LOS INVERNADEROS*

Inv.	Temp.	H. R.	Fuente	Hora	Calor	Disq.	B. Agua
1					ON OFF	ON OFF	ON OFF
2					ON OFF	ON OFF	ON OFF

Española para sensor... | Calefactores Apagados... | Dispositivos Apagados... | Bombas de Agua Apagadas...

Han pasado 2 minuto(s)

*DAIOS DE LOS INVERNADEROS*

Inv.	Temp.	H. R.	Fuente	Hora	Calor	Disq.	B. Agua
1					ON OFF	ON OFF	ON OFF
2					ON OFF	ON OFF	ON OFF

Chispa

Accepta      Cancela

Española para sensor... | Calefactores Apagados... | Dispositivos Apagados... | Bombas de Agua Apagadas...

# REFRENDACIÓN

Latacunga a, 16 de julio del 2003

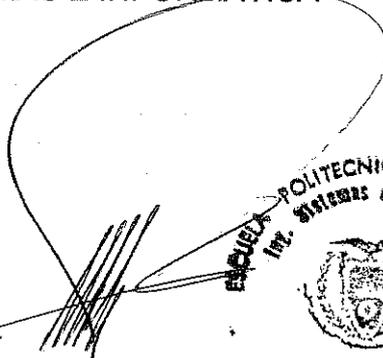


RODRIGO VIZUETE QUEVEDO

AUTOR



ING. RAUL ROSERO M.  
DECANO DE LA FACULTAD DE  
SISTEMAS E INFORMÁTICA



DR. LOZADA P. MARIO  
SECRETARIO ACADÉMICO



SECRETARIO  
Latacunga