
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGÍA, INDUSTRIAS Y RECURSOS

NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

“AUTOMATIZACIÓN DEL INVERNADERO DEL CENTRO
ANDINO DE TECNOLOGIA RURAL (CATER)”

*Tesis previa la obtención
del título de Ingeniero
Electromecánico.*

Autores:

EDDY V. AGILA CONZA.

ALEX M. MALDONADO R.

Director:

Msc. JORGE PATRICIO MUÑOZ V.

LOJA – ECUADOR

2005-2006

CERTIFICACIÓN.

MSc. Jorge Patricio Muñoz

Docente del Área de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables de la Universidad Nacional de Loja.

CERTIFICA:

Haber dirigido, corregido y revisado en todas sus partes, el desarrollo de la tesis de Ingeniería en Electromecánica, titulada “**AUTOMATIZACIÓN DEL INVERNADERO DEL CENTRO ANDINO DE TECNOLOGÍA RURAL. (CATER)** “. Con la autoría de los señores egresados Eddy V Agila Conza, y, Alex M. Maldonado R. En razón que la misma reúne los requisitos y cumple con las normas generales, y autorizo su presentación sustentación y defensa ante el tribunal designada para el efecto.

MSc. Jorge Patricio Muñoz

DIRECTOR DE TESIS.

AUTORÍA.

Los autores del presente trabajo de Tesis de carácter científico-practico, ha sido elaborado con el criterio de nosotros, por lo tanto los dueños son los autores y su propiedad intelectual a favor de la Universidad Nacional de Loja, los cuales podrán hacer uso académico del mismo.

.....

Eddy Vicente Agila Conza

.....

Alex Manuel Maldonado R.

Pensamiento

“La mayoría de las ideas fundamentales de la ciencia son esencialmente sencillas y, por regla general pueden ser expresadas en un lenguaje comprensible para todos.”

Albert Einstein.

DEDICATORIA.

El presente trabajo esta dedicado en primer lugar a *DIOS*, luego a mis *queridos abuelitos José- Cármen; Francisco-Otilia*, a mi querido *padre José Miguel*, a mi amada *madre Luz María*, a mis *hermanos, Miguel, Leo, Andrés, Bryan* y a mis *hermanas Diana, María Mercedes, Andrea, Alexandrita* y a toda mi *familia* en general, quienes me han apoyado en todo momento, ellos han sido la base fundamental para el cumplimiento de mis metas propuestas, gracias por brindarme siempre su cariño y comprensión, y, los llevo en lo más profundo de mi corazón.

A todos mis *amigos y compañeros*, con los cuales he convivido una parte de mi vida que siempre recordaré y, que de una forma u otra siempre han estado apoyándome y preocupándose, al ingeniero *JORGE MUÑOZ V.* quien como director nos supo dar la guía necesaria, a los Ingenieros; *Teodoro y Néstor Feijoo*, y, al personal del *PROYECTO DE RECURSOS FITOGÉNETICOS (CATER)*,

Eddy.

El presente trabajo de investigación lo dedico con mucho cariño al recuerdo imborrable de mi querido *padre Kléver Manuel*, a mi abnegada *madre Laura Beatriz*, a mi amada esposa *Alexandra Elizabeth*, a mi hijo venidero *Joel Alexander*, a mis *hermanas, Lorena, Yadira, Karina*; quienes siempre me han apoyado y los llevo en lo más profundo de mi corazón.

Alex

ÍNDICE.

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	4
1.1 Introducción a los Invernaderos	5
1.2 Tipos de invernaderos	6
1.3 Condiciones climáticas en el invernadero	7
1.4 Riego	15
1.5 Automatización y control de invernaderos	17
1.6 Modelo Matemático	25
1.7 Redes de Comunicación	25
1.8 Sensores y transductores	33
1.9 Sistemas de Medición	38
1.10 Adquisición de Datos	49
CAPÍTULO II MODELO MATEMÁTICO	53
2.1 Temperatura Interna	54
2.2 Modelo Matemático de la Humedad Interna	57
CAPÍTULO III DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	62
3.1 Introducción	63
3.2 Características Climatológicas	63
3.3 Lugar de Aplicación del Estudio	64
3.4 Selección de Variables	65
3.5 Sistema Humidificador	72

3.6 Software utilizado para la supervisión	79
CAPÍTULO IV PROGRAMACIÓN	87
4.1 Programación en Zelio Soft!	88
4.2 Programación del Sistema de Riego	90
4.3 Características del Zelio Soft	95
4.4 Introducción a LabVIEW	97
4.5 Programación en LabVIEW	100
4.6 Arquitectura del Sistema empleado	105
4.7 Adquisición de Datos	111
CAPÍTULO V APLICACIÓN	114
5.1 Sistema de medición del invernadero	115
5.2 Medición de la Temperatura	116
5.3 Medición de la Humedad	119
5.4 Generación de Reportes	122
CAPÍTULO VI CRITERIOS ECONÓMICOS	127
6.1 Criterios Económicos	128
6.2 Accesorios	128
6.3 Costos del Sistema Humidificador	129
6.4 Tarjeta de Adquisición de Datos	130
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	137

ANEXO I	140
ANEXO II	142
ANEXO III	143
ANEXO IV	144
ANEXO V	147
ANEXO VI	148
ANEXO VII	149
ANEXO VIII	150
ANEXO IX	152

SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

Para emitir un criterio sobre los problemas, es necesario hacer un estudio previo y luego elaborar un diagnóstico, es por eso que introducimos un pequeño concepto de lo que es un invernadero y su objetivo. El objeto de un invernadero es facilitar el cultivo, propagación y protección de los semilleros y las plantas delicadas. Con cubierta de vidrio o plástico translúcido, empleado para el cultivo y la conservación de plantas delicadas, o para forzar su crecimiento fuera de temporada, y, permite regular la temperatura, la humedad del aire y la luz, por no mencionar el control de los insectos y las malas hierbas

Los invernaderos están ideados para transformar la temperatura, humedad y luz exteriores y conseguir así unas condiciones ambientales similares a las de otros climas. Los más típicos son los que reproducen una atmósfera tropical, ideal para las orquídeas y palmeras, o los de ambientes desérticos indicados para el cultivo de cactus.

Los pequeños invernaderos domésticos suelen ser estructuras adosadas contra uno de los muros de la vivienda. Se componen de una pendiente plana y tres lados que la sustentan, todos ellos acristalados sobre una estructura ligera de hierro o madera.

La luz natural es suficiente en la mayoría de las regiones templadas, pero las zonas donde el invierno ofrece pocas horas de sol se hacen necesario el suministro de luz artificial, necesaria para el crecimiento de las plantas. En verano, en cambio, se suelen cubrir algunos paneles transparentes con umbráculos, para reducir la excesiva penetración de sol. El calor interior se aminora tapando las cristaleras, abriendo los orificios de ventilación o haciendo circular aire fresco mediante cualquier otro sistema. En invierno, casi todo el calor de un invernadero se obtiene de la radiación solar, pero también se puede procurar calor adicional a través de la aspersión de vapor, con agua hirviendo, o mediante un sistema de circulación de aire caliente. La humedad se controla sobre todo a partir de la cantidad de agua del riego.”

Es por eso que se hace necesario mejorar el cultivo de los invernaderos implementando la tecnología, lo que a la vez traerá consigo un mejor rendimiento y producción para el dueño del invernadero. Y debido a que la situación económica del país no es la mejor, se debe buscar alternativas que permitan lograr un óptimo desarrollo sin hacer una inversión demasiado significativa.

Estamos entonces en la necesidad de buscar medios que nos permitan lograr mejores resultados, y la mejor forma es con el uso adecuado de la tecnología que tenemos a nuestro alcance.

Actualmente mediante la instrumentación adecuada se pueden desarrollar sistemas con los cuales se puede medir, adquirir y almacenar datos, analizar mediciones, crear reportes y realizar el control automático de variables del invernadero. Con todas estas características dichos sistemas permitirán apreciar la evolución continua del consumo de recursos energéticos e hidráulicos en busca de su uso racional y eficiente, así, como también de los recursos económicos con los que contamos.

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

La falta de conocimiento para automatizar los invernaderos de nuestro medio geográfico, provoca baja calidad e ineficiencia en la producción agrícola.

OBJETIVO GENERAL

- ☉ Implementar un sistema de climatización de un invernadero del CATER, mediante la instalación de equipos de automatización que permita supervisar y monitorear los factores climáticos que afectan a los cultivos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- ☯ Elaborar e implementar un sistema que permita adquirir los valores de los factores climáticos que afectan a los cultivos en el interior del invernadero.
- ☯ Implementar un sistema de riego.
- ☯ Elaborar e implementar un sistema que permita supervisar los factores climáticos en el interior del invernadero.
- ☯ Utilización de herramientas de programación (software) que permitan el monitoreo.
- ☯ Establecer un modelo matemático que permita analizar los principales factores climáticos que afectan a los cultivos.

HIPÓTESIS GENERAL.

- ☯ Mediante un sistema de climatización con equipos modernos de automatización, se podrá supervisar los factores climáticos en un invernadero del CATER.

HIPÓTESIS ESPECÍFICA.

- ☯ Al implementar un sistema un sistema que permita adquirir los valores de los factores climáticos se mejorará las condiciones en el interior del invernadero.
- ☯ Elaborando un sistema de riego se podrá mejorar y controlar su utilización.
- ☯ Mediante equipos electrónicos se podrá supervisar la temperatura y humedad en el interior del invernadero.
- ☯ A través de software podremos llevar un registro de los parámetros climáticos.
- ☯ Al elaborar un modelo matemático se podrá observar el comportamiento de los factores climáticos en el invernadero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO.

1.1 INTRODUCCIÓN A LOS INVERNADEROS.

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, empleado para el cultivo y la conservación de plantas delicadas, o para forzar su crecimiento fuera de temporada. Los invernaderos están ideados para transformar la temperatura, humedad y luz exteriores y conseguir así unas condiciones ambientales similares a las de otros climas. Los más típicos son los que reproducen una atmósfera tropical, ideal para las orquídeas y palmeras, o los de ambientes desérticos indicados para el cultivo de cactus Encarta, 2006.

La luz natural es suficiente en la mayoría de las regiones templadas, pero las zonas donde el invierno ofrece pocas horas de sol se hacen necesario el suministro de luz artificial, necesaria para el crecimiento de las plantas. En verano, en cambio, se suelen cubrir algunos paneles transparentes con umbráculos, para reducir la excesiva penetración de sol. El calor interior se aminora tapando las cristaleras, abriendo los orificios de ventilación o haciendo circular aire fresco mediante cualquier otro sistema. En invierno, casi todo el calor de un invernadero se obtiene de la radiación solar, pero también se puede procurar calor adicional a través de la aspersión de vapor, con agua hirviendo, o mediante un sistema de circulación de aire caliente. La humedad se controla sobre todo a partir de la cantidad de agua del riego

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- ☯ Precocidad en los frutos.
- ☯ Aumento de la calidad y del rendimiento.
- ☯ Producción fuera de época.
- ☯ Ahorro de agua y fertilizantes.
- ☯ Mejora del control de insectos y enfermedades.
- ☯ Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Sus Inconvenientes son:

- ☯ Alta inversión inicial.
- ☯ Alto costo de operación.
- ☯ Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.

TIPOS DE INVERNADEROS.

Puede intentarse una clasificación según diferentes criterios (por ejm, materiales para la construcción, tipo de material de cobertura, características de la techumbre, etc.), sin embargo, se prefiere enumerar los más importantes obviando algunas características para su clasificación.

Dentro de los tipos de invernaderos más comunes en el mundo se encuentran:

- ☯ Invernadero-Túnel.
- ☯ Invernadero Capilla (a dos aguas)
- ☯ Invernaderos en diente de sierra.
- ☯ Invernadero Capilla modificado.
- ☯ Invernadero con techumbre curva.
- ☯ Invernadero tipo Parral o Almeriense.
- ☯ [Invernadero Holandés](#)

1.2.1 INVERNADERO TIPO CAPILLA

Los invernaderos de capilla simple tienen la techumbre formando uno o dos planos inclinados, según sea a un agua o a dos aguas. Infoagro, 2001

Este tipo de invernadero se utiliza bastante, destacando las siguientes ventajas:

- ☯ Es de fácil construcción y de fácil conservación.
- ☯ Es muy aceptable para la colocación de todo tipo de plástico en la cubierta.
- ☯ La ventilación vertical en paredes es muy fácil y se puede hacer de grandes superficies, con mecanización sencilla. También resulta fácil la instalación de ventanas cenitales.
- ☯ Tiene grandes facilidades para evacuar el agua de lluvia.
- ☯ Permite la unión de varias naves en batería.

La anchura que suele darse a estos invernaderos es de 12 a 16 metros. La altura en cumbrera está comprendida entre 3,25 y 4 metros. Si la inclinación de los planos de la techumbre es mayor a 25° no ofrecen inconvenientes en la evacuación del agua de lluvia.

La ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas la ausencia de ventanas cenitales dificulta la ventilación siendo esta su desventaja ya que a igual altura, tienen menor volumen encerrado que los invernaderos curvos, mayor sombreado y mas soportes internos. [Agroguías, 2003](#)

1.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS EN EL INVERNADERO.

Tanto en las diferentes fases de crecimiento de los cultivos como en la producción de un invernadero se ven afectados por las condiciones climáticas que son las siguientes:

- ☯ Temperatura
- ☯ Humedad Relativa
- ☯ Iluminación.
- ☯ Contenido de CO₂.
- ☯ Control ambiental.

Todos estos factores varían en el interior del invernadero dependiendo de la estructura y plásticos sintéticos de recubrimiento, por lo que es muy importante tomar en cuenta estos aspectos para su control. Siendo el caso, en el presente trabajo de investigación se tomarán en cuenta las variables de la temperatura, humedad, y, el riego debido a que son las principales variables que inciden en los cultivos, y debido a cuestiones de carácter económico principalmente.

1.3.1 TEMPERATURA.

Es la propiedad de los sistemas que determina si están en equilibrio térmico, la temperatura es el factor preponderante que hay que tomar en cuenta en el normal crecimiento de los cultivos, y sus valores dependen del tipo de cultivo que se tenga. Este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Normalmente la temperatura óptima para las plantas se encuentra entre los 10 y 20° C Infoagro, 2001

Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada Tabla1.1. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores objetivos a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:

- ☯ Temperatura mínima letal. Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.
- ☯ Temperaturas máximas y mínimas biológicas. Indican valores, por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.
- ☯ Temperaturas nocturnas y diurnas. Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

Tabla 1.1 Exigencias de temperaturas para distintas especies.

	TOMATE	PIMIENTO	BERENJENA	PEPINO	MELÓN	SANDÍA
T ^a mínima letal °C	0-2	(-1)	0	(-1)	0-1	0
T ^a mínima biológica °C	10-12	10-12	10-12	10-12	13-15	11-13
T ^a óptima °C	13-16	16-18	17-22	18-18	18-21	17-20
T ^a máxima biológica °C	21-27	23-27	22-27	20-25	25-30	23-28
T ^a máxima letal °C	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

Fuente: Infoagro, 2003

La temperatura en el interior del invernadero, va a estar en función de la radiación solar, comprendida en una banda entre 200 y 4000 nm. de longitud de onda, la misión principal del invernadero será la de acumular calor durante las épocas invernales. Esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo.

Como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta, se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero. [Fernández](#), 1995

El calor se transmite en el interior del invernadero por radiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura. La radiación, por el movimiento del calor a través del espacio transparente. Ramos, 1998

1.3.2 HUMEDAD.

La humedad es la medida del contenido de agua en la atmósfera. El peso del vapor de agua contenido en un volumen de aire se conoce como humedad absoluta y se expresa en unidades de masa de agua por unidades de masa o de volumen de aire seco. Frecuentemente se utiliza la medida de gramos de vapor de agua por metro cúbico de aire. La humedad relativa, dada en los informes meteorológicos, es la razón entre el contenido efectivo de vapor en la atmósfera y la cantidad de vapor que saturaría el aire a la misma temperatura.

Si la temperatura atmosférica aumenta y no se producen cambios en el contenido de vapor, la humedad absoluta no varía mientras que la relativa disminuye. Una caída de la temperatura incrementa la humedad relativa produciendo rocío por condensación del vapor de agua sobre las superficies sólidas. Siendo la humedad el otro factor que se tomará en cuenta para realizar su monitoreo.

La humedad relativa de una muestra de aire depende de la temperatura y la presión a la que se encuentre.

$$HR (\%)= 100 \cdot e/es \quad (1.1)$$

HR= presión de vapor actual/presión de vapor de saturación.

e= Presión del vapor de agua

es= Presión de vapor de saturación.

La presión del vapor de agua (e), depende del número de moléculas presentes en un determinado volumen y, por lo tanto, de la masa del vapor de agua por unidad de volumen y varía con la temperatura. Se mide en mm. de Hg. o en milibares (mb). Para calcular e, se puede utilizar la siguiente fórmula, Fernández, 1995.

$$e = 0.01 * e_s * HR \quad (1.2)$$

Donde: HR= Humedad Relativa.

Presión de vapor a saturación (es): Es la presión de vapor ejercida por el vapor de agua contenido en un volumen de aire saturado a la temperatura del aire contenido en ese volumen.

La fórmula para calcularla es Mud, 1993:

$$e_s = 6.11 * \exp \left[\frac{17.27T}{237.3+T} \right] \quad (\text{mbar}) \quad (1.3)$$

Donde: T = Temperatura del ambiente en °C

“Humedad absoluta (Ha), es el número de gramos de vapor de agua contenido en un metro cúbico de aire a una temperatura y presión determinadas. Se expresa en gramos (de vapor de agua)/m³ (de aire) a una presión y temperaturas especificadas,” Sagan, 1993

Y se puede calcular con la fórmula que propone, Gandullo, 1994:

$$Ha = Hr * Hm / 100 \quad (1.4)$$

”Donde: Hm. = Humedad absoluta máxima dependiente de la temperatura (g. de vapor de agua por m³ de aire), que se calcula por la expresión” (Tapia, 2003).

$$Hm = 4.6 * 10^{7.45t / (235+t)} \quad (1.5)$$

Donde: t = temperatura en °C.

El Déficit de presión de vapor de agua (D)= O también llamado presión de saturación es un parámetro indicador de la demanda atmosférica de evaporación y transpiración, por lo que su valor es un indicador del estrés hídrico ambiental. Para calcular su valor se utiliza la siguiente fórmula Sagan, 1993.

$$D = P/804.25 \cdot (1/t + 273)(H_m - H_a) \quad (1.6)$$

D = Déficit de presión de vapor de agua (mm.)

P = Presión atmosférica (mm.)

t = Temperatura en °C.

H_a = Humedad absoluta.

1.3.3 ILUMINACIÓN.

"A mayor luminosidad en el interior del invernadero se debe aumentar la temperatura, la HR y el CO₂, para que la fotosíntesis sea máxima; por el contrario, si hay poca luz pueden descender las necesidades de otros factores. Para mejorar la luminosidad natural se usan los siguientes medios". Agroguías, 1999

- ☯ Materiales de cubierta con buena transparencia.
- ☯ Orientación adecuada del invernadero.
- ☯ Materiales que reduzcan al mínimo las sombras interiores.
- ☯ Aumento del ángulo de incidencia de las radiaciones sobre las cubiertas.
- ☯ Acolchados del suelo con plástico blanco.

En verano para reducir la luminosidad se emplean:

- ☯ Blanqueo de cubiertas.
- ☯ Mallas de sombreo.

☯ Acolchados de plástico negro.

Es interesante destacar el uso del blanqueo ya que esta labor está en función del desarrollo del cultivo y de las temperaturas, y tiene efectos contradictorios que hay que conocer para hacer un correcto uso. "Hay que saber que las plantas sombreadas producen abortos de flores en determinadas especies sensibles a la luz (especialmente tomate, pimiento y berenjena), por lo que el manejo del riego y de la solución nutritiva tiene que ir unida al efecto que produce el blanqueo. Los plásticos sucios o envejecidos provocan el mismo efecto que el blanqueo". [Euroagro](#), 2003

1.3.4. ANHÍDRIDO CARBÓNICO (CO₂)

El anhídrido carbónico de la atmósfera es la materia prima imprescindible de la función clorofílica de las plantas. El enriquecimiento de la atmósfera del invernadero con CO₂, es muy interesante en muchos cultivos, tanto en hortalizas como en flores.

La concentración normal de CO₂ en la atmósfera es del 0,03%. Este índice debe aumentarse a límites de 0,1-0,2%, cuando los demás factores de la producción vegetal sean óptimos, si se desea el aprovechamiento al máximo de la actividad fotosintética de las plantas. Las concentraciones superiores al 0,3% resultan tóxicas para los cultivos.

El anhídrido carbónico alcanza el máximo de la concentración al final de la noche y el mínimo a las horas de máxima luz que coinciden con el mediodía. En un invernadero cerrado por la noche, antes de que se inicie la ventilación por la mañana, la concentración de CO₂ puede llegar a límites mínimos de 0,005-0,01%, que los vegetales no pueden tomarlo y la fotosíntesis es nula. En el caso que el invernadero esté cerrado durante todo el día, en épocas demasiado frías, esa concentración mínima sigue disminuyendo y los vegetales se encuentran en situación de extrema necesidad en CO₂ para poder realizar la fotosíntesis.

Los niveles aconsejados de CO₂ dependen de la especie o variedad cultivada, de la radiación solar, de la ventilación, de la temperatura y de la humedad.

El óptimo de asimilación está entre los 18 y 23° C de temperatura, descendiendo por encima del 23-24° C. Respecto a la luminosidad y humedad, cada especie vegetal tiene un óptimo distinto.

El efecto que produce la fertilización con CO₂ sobre los cultivos hortícolas, es el de aumento de la precocidad de aproximadamente un 20% y aumento de los rendimientos en un 25-30%, mejora la calidad del cultivo así como la de su cosecha. La luz es factor limitante, y así, la tasa de absorción de CO₂ es proporcional a la cantidad de luz recibida, además de depender también de la propia concentración de CO₂ disponible en la atmósfera de la planta.

Se puede decir que el periodo más importante para el enriquecimiento carbónico es el mediodía, ya que es la parte del día en que se dan las máximas condiciones de luminosidad.

1.3.5 CONTROL AMBIENTAL.

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: sistema de calefacción, la ventilación y el suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles adecuados de la radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO₂, y así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto, mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo. Euroagro, 2003

1.3.6 VARIABLES EXTERNAS.

Las principales variables externas que afectan a los invernaderos son las que hacen perder calor, como la radiación térmica, el viento, la lluvia. El

análisis de estos problemas requiere la consideración de mecanismos acoplados, involucrando calefacción, masa (de aire y vapor de agua) y balances de CO₂.

El viento es uno de los elementos que mas incide en el cultivo bajo invernadero. El viento ejerce una acción negativa sobre los elementos estructurales (daños mecánicos). (Infoagro, 2001). En segundo lugar, influye sobre el coeficiente de pérdida de calor por conducción y también sobre la tasa de renovación del volumen del invernadero del 60 % y 70% de las pérdidas se hace a través del techo del invernadero. La reducción de estas pérdidas se hace a través de la selección de materiales de cobertura y pantalla adecuados como del correcto aislamiento (Tapia, 2003)

1.4 RIEGO.

El riego, es la aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar cultivos de regadío.

En las zonas secas, el riego debe emplearse desde el momento en que se siembra el cultivo. En regiones de pluviosidad irregular, se usa en los periodos secos para asegurar las cosechas y aumentar el rendimiento de éstas. Esta técnica ha aumentado notablemente la extensión de tierras cultivables y la producción de alimentos en todo el mundo.

En 1800 había alrededor de 8,1 millones de hectáreas de regadío en el mundo, cifra que ascendió a 41 millones de hectáreas en 1900 y a 105 millones en 1950; esta cifra todavía continúa aumentando. Las tierras de regadío representan alrededor de un 15% de todas las tierras cultivadas pero a menudo rinden más del doble que las tierras de secano o temporal. No obstante, el regadío puede empantanar los suelos o incrementar su salinidad (contenido en sal) hasta el punto de que las cosechas queden dañadas o destruidas. Este problema afecta a casi un tercio de las tierras

de regadío del mundo y se debe principalmente al riego con aguas salobres.

1.4.1 MÉTODOS DE RIEGO.

Se refieren al procedimiento que se sigue para aplicar el agua al suelo. Hay que destacar que ningún método es bueno o malo en si mismo, cualquiera de ellos presenta sus virtudes y defectos y un riego racional depende mas del buen diseño y correcta operación de los sistemas mas allá del método de riego que se utilice.

Los cuatro métodos principales usados hoy en día para el riego de los campos de cultivo son la inundación, los surcos, los aspersores (microaspersores, nebulizadores), y el riego por goteo.

1.4.2 RIEGO POR NEBULIZACIÓN.

El método de nebulización (microaspersión aérea de gota fina), simula de alguna manera el aporte de agua que realizan las lluvias, es un sistema compuesto de materiales de riego, bombeo, filtración, boquillas nebulizadoras, automatización etc. que permite regular el clima interior, aportando una mayor precisión para el cultivo, combinando el control de la radiación con la humedad relativa del ambiente del invernadero, La nebulización crea el efecto "mist", Figura 1.1 que consiste en que la finísima gota de agua queda envuelta en el aire y no llega al suelo. En invernaderos, los nebulizadores se instalarán en la estructura de cubierta. (Euroagro, 2003)

Para elegir un microdifusor se tendrá en cuenta los siguientes aspectos.

Como emisores de fog system (sistema nebulizador), pueden utilizarse boquillas de alta presión (60 kg./cm². 2, 5 l/h y gotas con un diámetro inferior a 20 micras), boquillas de baja presión (3-6 kg/cm² y gotas con un diámetro inferior a 10 micras) y humidificadores mecánicos.

Para crear el efecto mist la presión debe estar entre 2,5 y 3, atm.

La separación entre nebulizadores será, aproximadamente del 80% del diámetro (\emptyset) de riego.

La separación entre líneas será un 20-30% más que la separación entre nebulizadores. (Normalmente se separan 1,2-1,3 m).

Se podrán instalar directamente sobre tubería superficial de PVC (25-30 mm. de \emptyset), o bien podrán instalarse sobre varilla y microtubo.



Fig.1.1 Riego por nebulización.

Fuente: Infoagro

1.5 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE INVERNADEROS.

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primor, de calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios. Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero, los sistemas de riego localizado, los sistemas de gestión del clima, etc., que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

En los últimos años son muchos los agricultores que han iniciado la instalación de artilugios que permiten la automatización de la apertura de

las ventilaciones, radiómetros que indican el grado de luminosidad en el interior del invernadero, instalación de equipos de calefacción, etc. Por ello en el presente documento se exponen aquellos parámetros más relevantes que intervienen en el control climático de los invernaderos, así como una breve descripción de los sistemas para la gestión del clima que se pueden encontrar actualmente. Se debe realizar el estudio de los diferentes sistemas de automatización en los cuales será necesario basarse para realizar la investigación.

Para gestionar el control integral de un invernadero, se ha desarrollado una aplicación software que se encarga de monitorear el estado del invernadero, se lo puede realizar con mucha facilidad, pudiendo además realizar la explotación de las alarmas de un modo más eficiente, al permitir por ejemplo enviar mensajes de voz a teléfonos fijos o móviles ante cualquier anomalía, así como de controlar el funcionamiento global del mismo, y, generar históricos, etc. Plasson, 1997

En el mercado se puede encontrar varios sistemas. Estos se basan en el empleo de un ordenador central al cual se pueden conectar sensores, que recogen las variaciones de diferentes parámetros respecto a unos valores programados en un software. Estos sistemas a su vez pueden estar conectados a los sistemas de fertirriego y de regulación climática. Los sensores o automatismos se distribuyen en diferentes sectores pudiendo funcionar de forma autónoma.

En el controlador central se recoge la información captada por los sensores, para luego enviar las órdenes a los actuadores como electroválvulas, extractores, calefactores, ventiladores, etc. Un ejemplo que propone Castrillón, 2003, es un sistema compuesto por una red de sensores de humedad relativa, temperatura y luminosidad ubicados en puntos estratégicos dentro del invernadero.

Los sensores entregan una señal de voltaje de 2 a 4 voltios proporcional a la medida de la variable correspondiente y todo el conjunto controlado por un software (*LabVIEW*), El cual toma la señal de cada uno de los

sensores a través de una red instalada y realiza la correspondiente compensación y transformación de la señal de voltaje al valor de la variable para cada sensor.

Sin embargo, para diseñar cualquier sistema de control se debe poseer criterios para decidir como utilizar los diversos equipos. Estos criterios se consiguen a través de modelos matemáticos, que pueden representar y predecir las necesidades de las plantas y decirle a los sistemas de control como deben actuar los equipos del invernadero en cada momento.

Así mismo al sistema de control automático se le debe proporcionar información para evitar fallos, es decir que si detecta desviaciones de las condiciones que puedan ser perjudiciales envíe avisos para que el operador pueda detectar e intervenir corrigiendo el defecto.

El enfriamiento se lo puede hacer por tres métodos Infoagro, 2001:

- ☯ Sistema de sombreo
- ☯ Sistema de ventilación
- ☯ Refrigeración por evaporación del Agua.

El sombreo es la técnica de refrigeración más usada en la práctica. La reducción de temperatura se basa en cortar más de lo conveniente el porcentaje de radiación foto activa, mientras que el infrarrojo corto llega en exceso a los cultivos.

Se pueden dividir los distintos sistemas de sombreo en dos grupos:

- ☯ Sistemas estáticos. Son aquellos que una vez instalados sombrean al invernadero de una manera constante, sin posibilidad de regulación o control: encalado y mallas de sombreo.
- ☯ Sistemas dinámicos. Son aquellos que permiten el control más o menos perfecto de la radiación solar en función de las necesidades climáticas del invernadero: cortinas móviles y riego de la cubierta

La ventilación consiste en la renovación del aire dentro del recinto del invernadero. Al renovar el aire se actúa sobre la temperatura, la humedad, el contenido en CO₂ y el oxígeno que hay en el interior del invernadero. La ventilación puede hacerse de una forma natural o forzada.

- ☉ *La ventilación natural;* Se basa en la disposición, en las paredes y en el techo del invernadero, de un sistema de ventanas que permiten la aparición de una serie de corrientes de aire que contribuyen a disminuir las temperaturas elevadas y a reducir el nivel higrométrico.

Las ventanas pueden ser cenitales si se disponen en la techumbre o laterales si están colocadas sobre las paredes laterales del invernadero. Se admite que una ventana cenital de una determinada superficie resulta a efectos de aireación hasta ocho veces más efectiva que otra situada lateralmente de igual superficie. Normalmente las ventanas deben ocupar entre un 18 y 22% de la superficie de los invernaderos, teniendo en cuenta que con anchuras superiores a los 20 m. será imprescindible disponer de ventilación cenital que mejore la aireación lateral.

La apertura y cierre de las ventanas suele hacerse mecánicamente a través de un sistema de cremalleras, accionado eléctricamente por un termostato, aunque también puede hacerse manualmente.

- ☉ Los sistemas de ventilación forzada consiste en establecer una corriente de aire mediante ventiladores extractores, en la que se extrae aire caliente del invernadero, y el volumen extraído es ocupado inmediatamente por aire de la atmósfera exterior. Con este sistema solamente se puede conseguir una temperatura idéntica a la del exterior, pero su control es más preciso que el que se logra con la ventilación pasiva.

La refrigeración por evaporación de agua; consiste en distribuir en el aire un gran número de partículas de agua líquida de tamaño próximo a 10 micras. Debido al escaso tamaño de las partículas, su velocidad de caída es muy pequeña, por lo que permanecen suspendidas en el aire del invernadero el tiempo suficiente para evaporarse sin llegar a mojar a los cultivos.

Para ello es preciso emplear un sistema de nebulización formado por un conjunto boquillas nebulizadoras conectadas a tuberías que cuelgan de la techumbre del invernadero. La instalación se completa con bombas, motores, inyectoras, filtros y equipos de control (termostatos, humidostatos, etc.) que permiten la automatización del sistema. Es importante disponer de un sistema de filtros para evitar que las aguas ricas en bicarbonatos y otras sales provoquen daños en los sistemas de fog, como la obturación de las boquillas. Plasson, 1997

Controlar un proceso industrial consiste en mantener ciertas variables lo más constantes posibles, o dentro de ciertos límites. Las variables controladas pueden ser, por ejemplo, presión, temperatura, caudal, producción, costes, beneficio. Cuando por efecto de las perturbaciones del proceso las variables se apartan del valor deseado, debe actuarse sobre el elemento o los elementos que generan la variable, de modo que ésta tienda a volver al valor deseado. La acción ejercida puede ser continua (aumentar o disminuir, normalmente por medio de una señal analógica) o discreta (todo/nada, tren de impulsos).

Los controles electrónicos son actualmente de uso generalizado en los invernaderos. Inicialmente se aplicaron para gestionar el aporte de agua y nutrientes a las plantas, optimizando el fertirriego, y hoy en día se utilizan también para control de los trabajos de los operarios y, esencialmente, para el control ambiental de los invernaderos.

Para el aporte correcto de agua y nutrientes (solución nutritiva) los controladores procesan las señales proporcionadas por sensores de conductividad eléctrica, pH, volumen drenado, y en algunos casos

también radiación; y gestionan el aporte de solución a las plantas, y la composición de la misma, mediante electroválvulas. Son dispositivos muy contrastados, no específicos de cultivos forzados bajo plástico, y de uso general en agricultura.

Hoy en día se están introduciendo, con gran éxito fundamentalmente en grandes explotaciones, los controladores de los trabajos que realizan los operarios dentro de los invernaderos. Estos equipos registran la labor que está realizando cada individuo, despunte, recolección, etc., las líneas de cultivo en las que está trabajando, el tiempo empleado, etc. Suponen una herramienta adecuada para mejorar los costes de mano de obra, que en los invernaderos tienen una importancia muy relevante, superando el 40% del total.

Pero donde los controles electrónicos tienen cada vez más importancia es en la gestión del clima de los invernaderos. Todos los equipos de control climático requieren sistemas informáticos para su gestión, debido al gran número de variables e interacciones que se han de tener en cuenta para su manejo. Así, actualmente estos equipos disponen de sensores capaces de medir las diferentes variables climáticas, principalmente temperatura, humedad relativa o absoluta, radiación solar incidente, concentración de CO₂, velocidad y dirección del viento, etc. Todos esos datos se registran y representan gráficamente en un ordenador, que además es el encargado de verificar las consignas de control introducidas por el usuario y de enviar las señales pertinentes para que se pongan en funcionamiento o se detengan los distintos equipos de control climático. Por su especial importancia actual, nos vamos a detener en los sensores, actuadores y sistemas de control utilizados.

La regulación automatizada del clima del invernadero se realiza a través de los equipos de control. En función de las diferentes señales enviadas por los sensores y funciones registrados en la memoria del equipo de control, éste determina las modificaciones que se deben producir en los diferentes sistemas de climatización disponibles en el invernadero. Para

ello envía una serie de órdenes a los diferentes actuadores (bombas, válvulas, motores, etc.) en forma de señales eléctricas que actúan directamente sobre los elementos mecánicos o a través de relés eléctricos. Tapia, 2003

Los componentes de un software que permite que un ordenador o computadora pueda comunicarse con un periférico. También se conoce por su nombre en inglés, device driver, aunque se suele hacer referencia a este término sólo como driver. En una arquitectura software se pueden encontrar varios niveles de controladores, en cada uno de los cuales un controlador se puede comunicar con otros dos niveles adyacentes.

En el MS-DOS (tipo de controlador), los controladores de dispositivo estaban vinculados a cada aplicación que los utilizaba. Las aplicaciones contenían los controladores de los dispositivos más comunes y cuando se instalaba la aplicación en un ordenador, había que instalar el controlador del periférico correspondiente. En los sistemas operativos más modernos, como los entornos gráficos Windows, Linux y Macintosh, los controladores de los dispositivos se instalan con el sistema operativo, no con cada aplicación, lo cual simplifica los procedimientos y permite configurar los dispositivos independientemente de la aplicación que los vaya a utilizar. Cada vez que se cambia de dispositivo o de sistema operativo es necesario actualizar los controladores de los dispositivos instalados. Los fabricantes suelen distribuir los controladores más actuales y también los más adecuados para cada versión del sistema operativo en disquete o en CD-ROM, o bien incluir la posibilidad de descargarlos desde su sitio Web.

Actualmente se utilizan programas informáticos de dinámica de fluidos computacional (CFD) basados en el cálculo numérico. De la variación de esas magnitudes características en el espacio y en el tiempo, se pueden deducir los intercambios de calor y de masa. Estos programas resuelven numéricamente las ecuaciones de Navier-Stokes y la ecuación de conservación de la energía. La aplicación del método de CFD para el análisis de la ventilación en invernaderos ofrece una importante

información sobre la influencia del viento y de la temperatura exterior en la ventilación. Actualmente, permite el estudio sistemático de la influencia del diseño del invernadero, principalmente del tipo y situación de las ventanas, en el flujo de aire interior.

Hasta la fecha, la aplicación de esta técnica se limita a la investigación y al estudio de la respuesta del invernadero a situaciones particulares y estables en el tiempo. Sin embargo, tanto el avance en los procesos de cálculo numérico como en el de los microprocesadores pueden hacer posible en un futuro no muy lejano la aplicación de la dinámica de fluidos computacional a la gestión del clima del invernadero, de forma cuantitativa y cualitativa mejorando sensiblemente la homogeneidad de los parámetros ambientales y el rendimiento de los equipos y sistemas disponibles en la instalación. Infoagro, 2001

En un proceso productivo no siempre se justifica la implementación de sistemas de automatización, pero existen ciertas señales indicadoras que justifican y hacen necesario la implementación de estos sistemas, los principales son los siguientes:

- Requerimientos de un aumento en la producción
- Requerimientos de una mejora en la calidad de los productos
- Necesidad de bajar los costos de producción
- Escasez de energía
- Encarecimiento de la materia prima
- Necesidad de protección ambiental
- Necesidad de brindar seguridad al personal
- Desarrollo de nuevas tecnologías

La automatización solo es viable si al evaluar los beneficios económicos y sociales de las mejoras que se podrían obtener al automatizar, estas son mayores a los costos de operación y mantenimiento del sistema.

1.6 MODELO MATEMÁTICO.

Para estudiar el comportamiento de los sistemas se utilizan *modelos matemáticos*, que se representan por ecuaciones, las cuales describen las relaciones entre la entrada y la salida de un sistema, y que también se aprovechan para predecir el comportamiento de un sistema en condiciones específicas.

1.7 REDES DE COMUNICACIÓN.

La primera aplicación de la electricidad, en el sector de la información, fue la invención del telégrafo, registrado en 1840. Samuel Morse le asoció su nombre, definiendo el primer código para la transmisión de información. En nuestros días, tanto en el sector de gran público como en el industrial y terciario, existen numerosas y variadas transmisiones. En el primer sector, todo el mundo conoce y utiliza los enlaces telefónicos, de radio, de TV, etc. En los demás sectores, los enlaces hilo a hilo del tipo (todo o nada) dan paso cada vez más a la transferencia de informaciones numéricas conducidas sobre (BUS). Koenig, 1998

Las redes, en el sentido amplio, forman parte de nuestra vida cotidiana; unas realizan el transporte de la energía: redes eléctricas; Actualmente, una gran parte del intercambio de informaciones se hace por medio de redes eléctricas. La red eléctrica o electrónica más sencilla une un punto con otro: es el enlace punto a punto. Cuando se necesita unir varios puntos se debe realizar una red más compleja. En particular, una parte de la red puede ser común a varios puntos. La red de transporte de Muy Alta Tensión es un ejemplo de red muy compleja.

La transmisión de información por canales eléctricos se utiliza cada vez más. Hay otras redes que también realizan el transporte de información. Sus canales adoptan formas físicas muy variadas:

- ☉ Ciertas ondas electromagnéticas, llamadas ondas de radio, se emplean para transmitir información. Entonces un canal corresponde a una banda de frecuencia dada. Pueden emplearse varios canales juntos para difundir informaciones diferentes.
- ☉ Gracias a la fibra óptica también se han desarrollado canales ópticos; esta técnica, que transporta señales luminosas, permite la transferencia de gran cantidad de información a elevadas velocidades. La información se transporta de dos formas:
- ☉ En forma analógica: emplea la tensión o la corriente en una gama continua de valores: ondas radio, de teléfono (a nivel de terminales); por ejemplo, el uso de 0 a 10 V o de 4 a 20 mA es frecuente en la industria, en mediciones y regulación. La forma analógica de transmisión tiene un gran inconveniente: es sensible al ruido y a los parásitos. Un chisporroteo en una transmisión telefónica no es muy molesto, pero las «máquinas» no tienen la misma capacidad de «filtrado». y puede dar lugar a falsa información.

Pero la comunicación necesita de ciertas reglas. Tiene que hablar sin ambigüedades, el mismo lenguaje, tener un vocabulario común y un comportamiento bien definido.

Evidentemente, ya se trate de máquinas o de equipos electrónicos unidos por una red de transmisión numérica, estos comportamientos deben de tener una forma definida.

1.7.1 DIFERENTES TIPOS DE REDES.

Las redes responden a necesidades que pueden ser muy diferentes.

De la misma manera que los cables eléctricos están adaptados al valor de tensión y de corriente que han de transportar, existe una gran variedad de redes en función de cada una de las necesidades.

1.7.1.1 TIPOS DE RED SEGÚN SUS CAMPOS DE APLICACIÓN.

Los diferentes campos de aplicación son:

- ☯ Telecomunicaciones,
- ☯ Informática,
- ☯ Control de procesos industriales,
- ☯ Control de las utilidades para edificios,
- ☯ Control de la distribución eléctrica.

Para cada uno de estos campos existe una oferta más o menos completa. Normalmente las necesidades están jerarquizadas (en pirámide, figura 1.2) según varios niveles; cada una de estas redes tiene características y prestaciones adaptadas.

- ☯ En el campo de las telecomunicaciones, el teléfono representa la necesidad básica.
- ☯ En el campo del control de procesos industriales (GTP o Gestión Técnica de Procesos), la oferta es también muy rica y jerarquizada.

Cuando los captadores y actuadores (todo o nada) pasan a ser inteligentes, las uniones punto a punto se reemplazan por BUS de terreno.

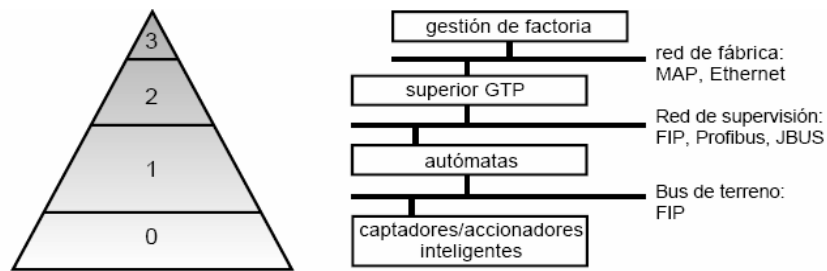


Fig.1.2. Niveles de comunicación en la gestión técnica de procesos.

Fuente: Iniciación a las redes de comunicación.

El reemplazo de una máquina grande por estaciones de trabajo sobre una [LAN](#) (redes de área local) no ofrece la posibilidad de introducir muchas aplicaciones nuevas, aunque podrían mejorarse la fiabilidad y el rendimiento. Sin embargo, la disponibilidad de una WAN (redes de área extensa) si genera nuevas aplicaciones viables, y algunas de ellas pueden ocasionar importantes efectos en la totalidad de la [sociedad](#).

Todas estas aplicaciones operan sobre redes por razones económicas: el llamar a un ordenador remoto mediante una red resulta más económico que hacerlo directamente. La posibilidad de tener un [precio](#) mas bajo se debe a que el enlace de una llamada telefónica normal utiliza un circuito caro y en exclusiva durante todo el [tiempo](#) que dura la llamada, en tanto que el acceso a través de una red, hace que solo se ocupen los enlaces de larga distancia cuando se están transmitiendo los [datos](#).

Una tercera forma que [muestra](#) el amplio potencial del uso de redes, es su [empleo](#) como medio de [comunicación](#) (INTERNET). Como por ejemplo, el tan conocido por todos, correo electrónico (e-mail), que se envía desde una terminal, a cualquier [persona](#) situada en cualquier parte del mundo que disfrute de este [servicio](#). Además de [texto](#), se pueden enviar fotografías e [imágenes](#). Koenig, 1998

La posibilidad de compartir con carácter universal la información entre [grupos](#) de [computadoras](#) y sus usuarios; un componente vital de la era de la información. La generalización de [la computadora personal](#) (PC) y de la

red de área local ([LAN](#)) durante la década de los ochenta ha dado lugar a la posibilidad de acceder a información en [bases de datos](#) remotas; cargar aplicaciones desde puntos de ultramar; enviar mensajes a otros países y compartir ficheros, todo ello desde una [computadora personal](#).

Las redes que permiten todo esto son equipos avanzados y complejos. Su [eficacia](#) se basa en la confluencia de muy diversos componentes. El [diseño](#) e implantación de una red mundial de ordenadores es uno de los grandes milagros tecnológicos de las últimas décadas.

1.7.2 REDES DE ÁREA LOCAL ([LAN](#))

Uno de los sucesos más críticos para la conexión en red lo constituye la aparición y la rápida difusión de la red de área local ([LAN](#)) como forma de normalizar las conexiones entre las máquinas que se utilizan como sistemas ofimáticos. Como su propio nombre indica, constituye una forma de interconectar una serie de equipos informáticos. A su nivel más elemental, una LAN no es más que un medio compartido (como un [cable coaxial](#) al que se conectan todas las [computadoras](#) y las [impresoras](#)) junto con una serie de reglas que rigen el acceso a dicho medio. Koenig, 1998

Ethernet y CSMA-[CD](#)(Call Sense Multiple [Access](#)-Collision Detect) son dos ejemplos de LAN. Hay tipologías muy diversas ([bus](#), estrella, anillo) y diferentes [protocolos](#) de acceso. A pesar de esta diversidad, todas las LAN comparten la [característica](#) de poseer un alcance limitado (normalmente abarcan un edificio) y de tener una [velocidad](#) suficiente para que la red de conexión resulte invisible para los equipos que la utilizan. Bolton, 1997

Además de proporcionar un acceso compartido, las LAN modernas también proporcionan al usuario multitud de [funciones](#) avanzadas. Hay paquetes de [software](#) de [gestión](#) para controlar la configuración de los equipos en la LAN, la [administración](#) de los usuarios, y el [control](#) de los [recursos](#) de la red. Una [estructura](#) muy utilizada consiste en varios

servidores a disposición de distintos (con frecuencia, muchos) usuarios. Los primeros, por lo general máquinas más potentes, proporcionan servicios como control de impresión, ficheros compartidos y correo a los últimos, por lo general computadoras personales.

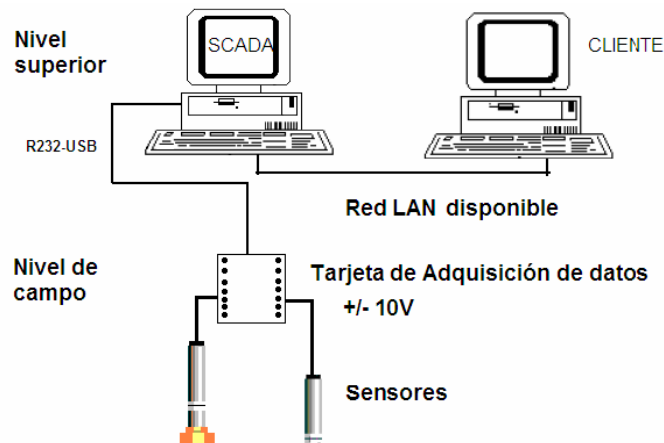


Fig.1.3 Red tipo LAN mediante una DAQ.

Fuente: Redes de Telecomunicaciones.

1.7.3 REDES DE ÁREA EXTENSA (WAN)

Cuando se llega a un cierto punto deja de ser poco práctico seguir ampliando una LAN. A veces esto viene impuesto por limitaciones físicas, aunque suele haber formas más adecuadas o económicas de ampliar una red de computadoras. Dos de los componentes importantes de cualquier red son la red de teléfono y la de datos. Son enlaces para grandes distancias que amplían la LAN hasta convertirla en una red de área extensa (WAN). Casi todos los operadores de redes nacionales (como DBP en Alemania o British Telecom en Inglaterra) ofrecen servicios para interconectar redes de computadoras, que van desde los enlaces de datos sencillos y a baja velocidad que funcionan basándose en la red pública de telefonía hasta los complejos servicios de alta velocidad (como frame relay y SMDS-Synchronous Multimegabit Data Service) adecuados para la interconexión de las LAN. Estos servicios de datos a alta velocidad suelen denominarse conexiones de banda ancha. Se prevé que

proporcionen los enlaces necesarios entre LAN para hacer posible lo que han dado en llamarse autopistas de la información. Koenig, 1998

1.7.4 REDES INALÁMBRICAS.

Las redes inalámbricas son redes cuyos medios físicos no son cables de ningún tipo, lo que las diferencia de las redes anteriores. Están basadas en la transmisión de datos mediante ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

Este tipo de comunicaciones tienen sus ventajas y desventajas; y a continuación se describen alguna de ellas:

Comunicación mediante ondas de radio.

Este tipo de comunicación opera en las bandas de frecuencias de 450 Mhz o de 900 Mhz, además, utiliza radios inteligentes de baja potencia que evita la congestión de la banda.

Ventajas:

- ☉ Sistema aislado de las fallas de las líneas de transmisión.
- ☉ Mayor confiabilidad
- ☉ Bajos costos de instalación.
- ☉ Bajos costos de mantenimiento.

Desventajas:

- ☉ Para el sistema de radio normal se requiere permiso de la SUPTEL.
- ☉ Uso de repetidoras inciden en los costos iniciales.
- ☉ El incremento de usuarios en las bandas cercanas produce ruidos e interferencias.

Comunicación vía microondas.

Las comunicaciones vía microondas, usan antenas parabólicas de plato que dirigen la energía de la onda hacia un rayo angosto, el rayo sigue la línea de vista, que en realidad es una línea curva por la refracción de la atmósfera. Se deben direccionar las antenas para evitar obstáculos en la línea de vista.

Ventajas:

- ☯ Tiene amplio ancho de banda
- ☯ Es un sistema bastante confiable
- ☯ Tiene excelentes características como troncal del sistema de comunicaciones.

Desventajas:

- ☯ Se requiere contar con el permiso de la SUPTEL.
- ☯ Se requiere de un cuidadoso cálculo para direccionar las antenas
- ☯ Requiere repetidoras cada 40-50 km
- ☯ Edificios o árboles altos pueden obstruir la línea de vista.

Comunicación Vía Fibra Óptica.

Este tipo de comunicaciones tiene los siguientes componentes básicos:

- ☯ Transmisor
- ☯ Cable de fibra
- ☯ Receptor

Adicionalmente repetidores y divisores de señales.

- ☯ La información se transmite en la fibra mediante el principio de reflexión.

Ventajas:

- ☯ Es inmune a la interferencia electromagnética presente en las subestaciones eléctricas y no le afectan las descargas atmosféricas.
- ☯ Tiene amplio ancho de banda
- ☯ Excelente para la transmisión de datos digitales.
- ☯ Permite velocidades mayores a 9600 bit/seg.

Desventajas:

- ☯ Se requiere repetidores cada 20-30 Km.
- ☯ Se requiere de transmisores y receptores para convertir las señales eléctricas a luz y viceversa.
- ☯ Costos altos.

Comunicación Vía Satélite.

Usan los satélites geosíncronicos como repetidores, y, además se requiere comprar el hardware y software para los terminales terrestres y arrendar la capacidad requerida en el satélite.

Ventajas:

- ☯ Tiene un ancho de banda suficiente para las necesidades del SCADA y es un sistema muy confiable.

Desventajas:

- ☯ Es un sistema muy costoso.

1.8 SENSORES Y TRANSDUCTORES.

El termino sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo. Con frecuencia se

utiliza el término *transductor* en vez de sensor. Es decir los sensores son transductores. Sin embargo, en un sistema de medición se pueden utilizar transductores, además de sensores, en otras partes del sistema para convertir señales de una forma dada en otra distinta. Bolton, 1997

En la Tabla 1.2 se presentan los diferentes tipos de transductores:

Tabla 1.2: Tipos de Transductores

Magnitud Física	Transductor	Características
Posición (Lineal o Angular)	Potenciómetro	Analógico
	Encoder	Digital
	Sincro y Resolver	Analógico
Pequeños desplazamientos	Transformador diferencial	Analógico
	Galga Extensiométrica	Analógico
Velocidad (Lineal o Angular)	Dinamo tacométrica	Analógico
	Encoder	Digital
	Detector inductivo u óptico	Digital
Aceleración	Acelerómetro	Analógico
	Sensor de velocidad + calculador	Digital
Fuerza y Par	Galga Extensiométrica	Analógico
Temperatura	Termopar	Analógico
	Resistencias PT100	Analógico
	Termistores CTN	Analógico
	Termistores CTP	Todo-Nada
	Bimetales	Todo-Nada
Sensores de Presencia o Proximidad	Inductivos	Analógico o Todo-Nada
	Capacitivos	Todo-Nada
	Ópticos	Analógico o Todo-Nada

Fuente: *Sensores y Transductores.*

1.8.1 SELECCIÓN DE SENSORES.

Para seleccionar un sensor para una aplicación en particular hay que considerar varios factores.

- ☯ El tipo de medición que se requiere, por ejemplo, la variable que se va a medir, su valor nominal, el rango de valores, la exactitud, velocidad de medición y confiabilidad requeridas, las condiciones ambientales en las que se realizará la medición.
- ☯ Con base en lo anterior se pueden identificar algunos posibles sensores, teniendo en cuenta rango, exactitud, linealidad, velocidad de respuesta, confiabilidad, facilidad de mantenimiento,

duración, requisitos de alimentación eléctrica, solidez, disponibilidad y costo

La elección de un sensor no se puede hacer sin considerar el tipo de salida que el sistema debe producir después de acondicionar la señal; por ello, es necesaria una integración idónea entre sensor y acondicionador de señal.

- ☯ *Rango y margen.* El rango de un transductor define los límites entre los cuales puede variar la entrada. El margen es el valor máximo de la entrada menos el valor mínimo.
- ☯ *Error.* El error es la diferencia entre el resultado de una medición y el valor verdadero de la cantidad que se mide.

$$\text{Error} = \text{valor medido} - \text{valor real}.$$

- ☯ *Exactitud.* La exactitud es el grado hasta el cual un valor producido por un sistema de medición podría estar equivocado. Es por lo tanto, igual a la suma de todos los errores posibles más el error en la exactitud de la calibración del transductor.
- ☯ *Sensibilidad.* La sensibilidad es la relación que indica qué tanta salida se obtiene por unidad de entrada, es decir salida/entrada.
- ☯ *Error por linealidad.* Para muchos transductores se supone que en su rango de funcionamiento la relación entre la entrada y la salida es lineal, es decir la gráfica de la salida respecto a la entrada produce una línea recta. Sin embargo, son pocos los transductores en los que la relación anterior es realmente una línea recta; por ello, al suponer la existencia de esta linealidad se producen errores. Este error se define como la desviación máxima respecto a la línea recta correspondiente.
- ☯ *Repetibilidad/Reproducibilidad.* Los términos repetibilidad y reproducibilidad se utilizan para describir la capacidad del transductor para producir la misma salida después de aplicar varias veces el mismo valor de entrada. Cuando ya no se logra el mismo

valor de salida después de aplicar el valor de entrada, el error se expresa como un porcentaje de la salida a rango total.

$$\text{Repetibilidad} = \frac{\text{val max} - \text{valor mínimo obtenidos}}{\text{rango total}} \times 100$$

- ☯ *Estabilidad.* La estabilidad de un transductor en su capacidad para producir la misma salida cuando se emplea para medir una entrada constante en un periodo. Para describir el cambio en la salida que ocurre en ese tiempo, se utiliza el término *deriva*. Ésta se puede expresar como un porcentaje del rango de salida total. El termino *deriva del cero* se refiere a los cambios que se produce en la salida cuando la entrada es cero.
- ☯ *Resolución.* Cuando la entrada varía continuamente en todo rango las señales de salida de algunos sensores pueden cambiar a pequeños intervalos.

1.8.2 SISTEMAS ELÉCTRICOS.

Al estudiar los sistemas eléctricos que se emplean como actuadores de control deberán tenerse en cuenta los siguientes dispositivos y sistemas: Dispositivos de conmutación, dispositivos de Solenoide, y sistemas motrices.

- ☯ *Dispositivos de conmutación,* como son los interruptores mecánicos (relevadores) y los interruptores de estado sólido (diodos, tiristores y transistores), en los que la señal de control enciende o apaga un dispositivo eléctrico. Por ejemplo, un calentador o un motor.
- ☯ *Dispositivos de solenoide,* en los cuales una corriente que pasa por un solenoide acciona un núcleo de hierro dulce, una válvula hidráulica/neumática operada por solenoide, donde la corriente de control pasa por el solenoide que se utiliza para regular el flujo

hidráulico/neumático. Por ejemplo, las *válvulas de solenoide* son un ejemplo de estos dispositivos y se utilizan para controlar el flujo de fluidos en sistemas hidráulicos o neumáticos Figura 1.4. Cuando una corriente pasa por el devanado, un núcleo de hierro dulce es atraído hacia el devanado y, al hacerlo, abre o cierra puertos que controlan el flujo de un fluido. Bolton, 1997

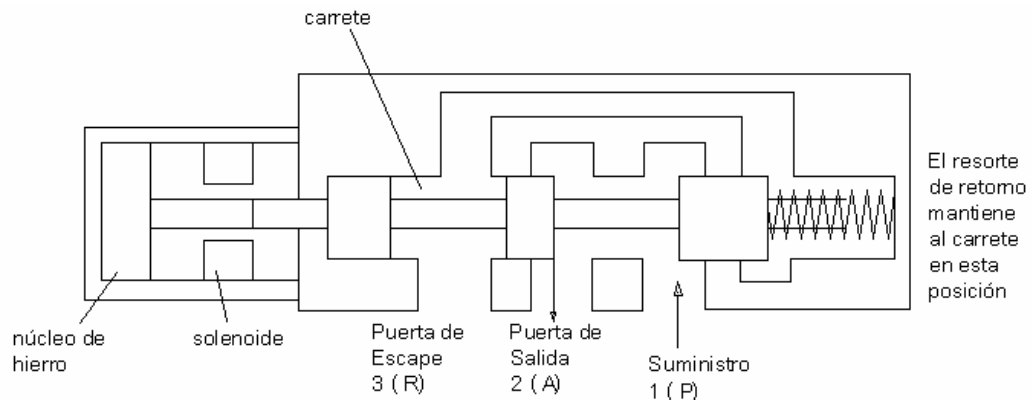


Fig.1.4 Válvulas Solenoide. Mecatrónica.

Fuente: Mecatrónica.

- Sistemas motrices, por ejemplo, motores de cd y de ca, en los cuales la corriente que pasa por el motor produce una rotación.

1.8.3 ACTUADORES.

La regulación automatizada del clima del invernadero se realiza a través de los equipos de control. En función de las diferentes señales enviadas por los sensores y mediante los algoritmos y funciones registrados en la memoria del equipo de control, éste determina las modificaciones que se deben producir en los diferentes sistemas de climatización disponibles en el invernadero. Para ello envía una serie de órdenes a los diferentes actuadores (bombas, electroválvulas, motores, etc.) en forma de señales eléctricas que actúan directamente sobre los elementos mecánicos o a través de relés eléctricos.

Los actuadores son los dispositivos, equipos, etc., sobre los que actúa el controlador. Estos actuadores modifican y gestionan las condiciones del cultivo, según las premisas preestablecidas. Bolton, 1997

1.9 SISTEMAS DE MEDICIÓN.

En general puede decirse que los sistemas de medición están formados por tres elementos.

- ☉ Un *sensor*, el cual responde la cantidad que se mide, dando como salida una señal relacionada con dicha cantidad. Un termopar es un ejemplo de sensor de temperatura. Su entrada es una temperatura y su salida una f.e.m (fuerza electromotriz), el cual se relaciona con el valor de la temperatura respectiva
- ☉ Un *acondicionador de señal*, el cual toma la señal del sensor y la manipula para convertirla a una forma adecuada para su presentación visual o, como en el caso de un sistema de control. Por ejemplo, la salida que produce un termopar es una f.e.m tan pequeña, que debe alimentarse a través de un amplificador para obtener una señal mayor. El amplificador es el acondicionador de la señal.
- ☉ Un *sistema de presentación visual* (pantalla o display), es donde se despliega la salida producida por el acondicionador de señal. Por ejemplo, una aguja que se mueve a través de una escala, o bien una lectura digital. Se puede observar en la Figura 1.5.

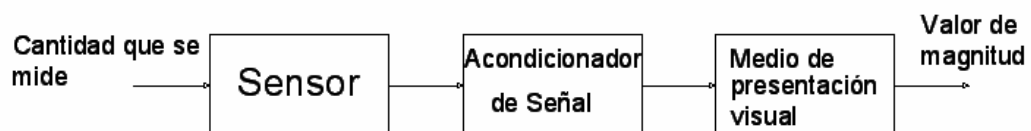


Fig. 1.5 Sistema de Medición.

Fuente: Elaborado por Autores.

1.9.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

La señal de salida del sensor de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser demasiado pequeña, y sería necesario amplificarla; podría contener interferencias que eliminar; ser no lineal y requerir su linealización; ser analógica y requerir su digitalización; ser digital y convertirla en analógica, ser un cambio en el valor de la resistencia, y convertirla a un cambio en corriente; consistir en un cambio de voltaje y convertirla en un cambio de corriente de magnitud adecuada.

Los dispositivos de entrada y de salida están conectados con un sistema de microprocesador mediante *puertos*. Existen así entradas de sensores, interruptores y teclados, y salidas para indicadores y actuadores. La más sencilla de las interfaces podría ser un pedazo de alambre. En realidad la interfaz cuenta con acondicionamiento de señal y protección, esta última proviene daños en el sistema del microprocesador. VALERA, MOLINA, PEÑA, GIL, 1995.

Los microprocesadores requieren entradas de tipo digital; por ello, cuando un sensor produce una salida analógica, es necesaria una conversión de señal analógica a digital. Sin embargo muchos sensores solo producen señales muy pequeñas, a veces de unos cuantos milivoltios. Este tipo de señal es insuficiente para convertirla de analógica a digital en forma directa, por lo que primero se debe amplificar. En las señales digitales también es necesario acondicionar la señal para mejorar su calidad. La interfaz requiere entonces varios elementos. Hay también que considerar la salida del microprocesador, quizás para operar un actuador. Aquí también es necesaria una interfaz adecuada. Si el actuador requiere una señal analógica, la salida digital del microprocesador deberá convertirse en señal analógica. Podría también presentarse la necesidad de una protección para impedir que las señales que acaban de salir vuelvan a entrar al mismo puerto de salida, lo que dañaría al microprocesador.

Bolton, 1997

1.9.1.1 SEÑALES DIGITALES.

La salida que produce la mayoría de los sensores en general es de tipo analógico. Cuando un microprocesador forma parte del sistema de medición o de control, es necesario convertir la salida analógica del sensor a una forma digital antes de alimentarla al microprocesador. Por otra parte, la mayoría de los actuadores funcionan con entradas analógicas, por lo que la salida digital de un microprocesador debe convertirse a su forma analógica antes de utilizarla como entrada del actuador.

1.9.2 TEOREMA DE MUESTREO.

El convertidor analógico a digital muestrean señales analógicas a intervalos regulares y convierten estos valores en palabras binarias. Y su Figura.1.6 nos muestra su esquema.

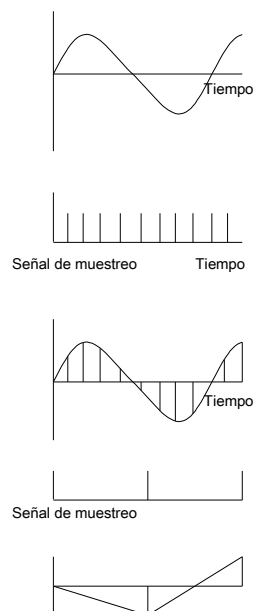


Fig. 1.6 Teorema de muestreo

Fuente: Mecatrónica.

Al reconstruir la señal a partir de las muestras, se puede observar que solo cuando la frecuencia de muestreo es de por lo menos el doble de la frecuencia mayor de la señal analógica, es posible reconstruir la forma original de la señal, Este criterio se conoce como *criterio de Nyquist o teorema de muestreo de Shannon*. Cuando la frecuencia de muestreo es inferior al doble de la frecuencia mayor, la reconstrucción podría representar otra señal analógica y se obtendría una imagen falsa de la señal real, lo cual se reconoce como *falsa duplicación*. Cuando el muestreo de una señal se realiza con demasiada lentitud, puede darse una falsa interpretación a los componentes de alta frecuencia, interpretados en forma errónea como dobles de frecuencias mas bajas. El ruido de las altas frecuencias también puede crear errores en el proceso de conversión. Bolton, 1997

1.9.3 SISTEMAS DE CONTROL.

Aquí en este punto se debe revisar las posibilidades que brindan los sistemas SCADA "Supervisory Control And Data Adquisition", adquisición de datos y control de supervisión. Se trata de una aplicación software especialmente diseñada para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador. Además, provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa: control de calidad, supervisión, mantenimiento, etc. A diferencia de los [Sistemas de Control](#) Distribuido (SCD), el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Los (SCD), se caracterizan por realizar las [acciones](#) de control en forma automática. Hoy en día es fácil hallar un sistema SCADA realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de [supervisión](#) y control por parte del operador, y su

utilización esta extendida en campos como son informáticos, electrónicos, telecomunicaciones. Koenig, 1998

Los Sistemas de Telecontrol y Supervisión permiten conocer en todo momento el estado de una instalación centralizada toda la información de los emplazamientos remotos en uno o varios puestos de control.

Además de gestionar alarmas y capturar datos, los programas SCADA permiten generar planes de financiamiento a bajo costo y eficaces procedimientos de actuación para el personal de seguridad. Dichos planes facilitan el trabajo del personal de mantenimiento permitiendo automatizar hasta niveles muy altos. Alonso, 2001

La comunicación en los puestos de control remoto se realiza mediante las redes de comunicación. El flujo de la [información](#) en los sistemas SCADA empieza con la medida del fenómeno físico lo constituye la variable que deseamos medir. Dependiendo del proceso, la [naturaleza](#) del fenómeno es muy diversa: [presión](#), [temperatura](#), [flujo](#), [potencia](#), [intensidad de corriente](#), [voltaje](#), [ph](#), [densidad](#), etc. Este fenómeno debe traducirse a una variable que sea inteligible para el sistema SCADA, es decir, en una variable eléctrica. Para ello, se utilizan los [sensores](#) o *transductores*, estos convierten las variaciones del fenómeno físico en variaciones proporcionales de una variable eléctrica. Las [variables](#) eléctricas más utilizadas son: [voltaje](#), [corriente](#), [carga](#), [resistencia](#) o [capacitancia](#). Sin embargo, esta variedad de tipos de señales eléctricas debe ser procesada para ser entendida por el [computador](#) digital. Para ello se utilizan *acondicionadores de señal*, cuya [función](#) es la de referenciar estos cambios eléctricos a una misma [escala](#) de corriente o voltaje. Además, provee aislación eléctrica y filtraje de la señal con el objeto de proteger el sistema de transientes y ruidos originados en el campo. Koenig, 1998

Una vez que se ha acondicionada la señal, la misma se convierte en un [valor](#) digital equivalente en el bloque de *conversión de datos*. Generalmente, esta [función](#) es llevada a cabo por un circuito de

conversión analógico/digital. El [computador](#) almacena esta [información](#), la cual es utilizada para su [análisis](#) y para la [toma de decisiones](#). Simultáneamente, se [muestra](#) la información al usuario del sistema, en tiempo real.

Basado en la información, el operador puede *tomar la decisión* de realizar una acción de control sobre el proceso. El operador comanda al computador a realizarla, y de nuevo debe convertirse la información digital a una señal eléctrica. Esta señal eléctrica es procesada por una *salida de control*, el cual funciona como un acondicionador de señal, la cual la [escala](#) para manejar un dispositivo dado: bobina de un relé, setpoint de un controlador, etc. Koenig, 1998

Dentro de las funciones básicas realizadas por los sistemas SCADA están las siguientes:

- ☯ Recabar, almacenar y mostrar información, en forma continua y confiable, correspondiente a la señalización de campo: estado de dispositivos, mediciones, alarmas, etc.
- ☯ Ejecutar acciones de control indicadas por el operador, tales como: abrir o cerrar válvulas, arrancar o parar bombas.
- ☯ Alertar al operador de cambios detectados en la planta, tanto aquellos que no se consideren normales (alarmas) como cambios que se produzcan en la operación diaria de la planta (eventos). Estos cambios son almacenados en el sistema para su posterior análisis.
- ☯ Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas. Aleaga, 2003

1.9.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA SCADA.

Los componentes de un sistema SCADA son los siguientes:

1. Instrumentación de campo.
2. Estaciones remotas.
3. Red de comunicación.
4. Estación central de monitoreo.

Como puede apreciarse en la Figura 1.7 correspondiente a un sistema SCADA, el mismo se caracteriza por una combinación de telemetría (técnica empleada para transmitir y recibir información o datos sobre un determinado medio) y adquisición de datos. La información a transmitirse puede ser analógica o digital (nivel, temperatura, voltaje, velocidad, señales on/ff, etc.) debiendo ser primeramente medida por los elementos y sensores ubicados a nivel de campo.

Estos datos son transmitidos hacia múltiples partes (en ocasiones a un sitio central) mediante un medio físico apropiado (cables, teléfono o radio) en dependencia de las distancias, cantidad de datos, características del proceso y tipo de aplicación por solo mencionar algunas.

La función asociada al mismo consiste en recopilar información, transferir la misma hacia un sitio central, donde necesariamente se realizan funciones de análisis, control y monitoreo, caracterizándose además por la posibilidad de transmitir datos y comandos sobre el equipamiento de campo (actuadores, relés, válvulas, motores, etc.), que garanticen el control del proceso o planta.

El empleo de un gran número de pantallas de operador, video terminales y otras interfaces hombre-maquina, constituye elemento clave en este tipo de sistema.

1.9.3.2 SISTEMA DE SUPERVISIÓN.

Su esencia recae en el conocimiento de dos partes estructurales que son, el sistema supervisor y los aparatos de procesamiento. Emplean mayoritariamente la configuración maestro esclavo, siendo elemento maestro el sistema supervisor y el esclavo los aparatos de campo.

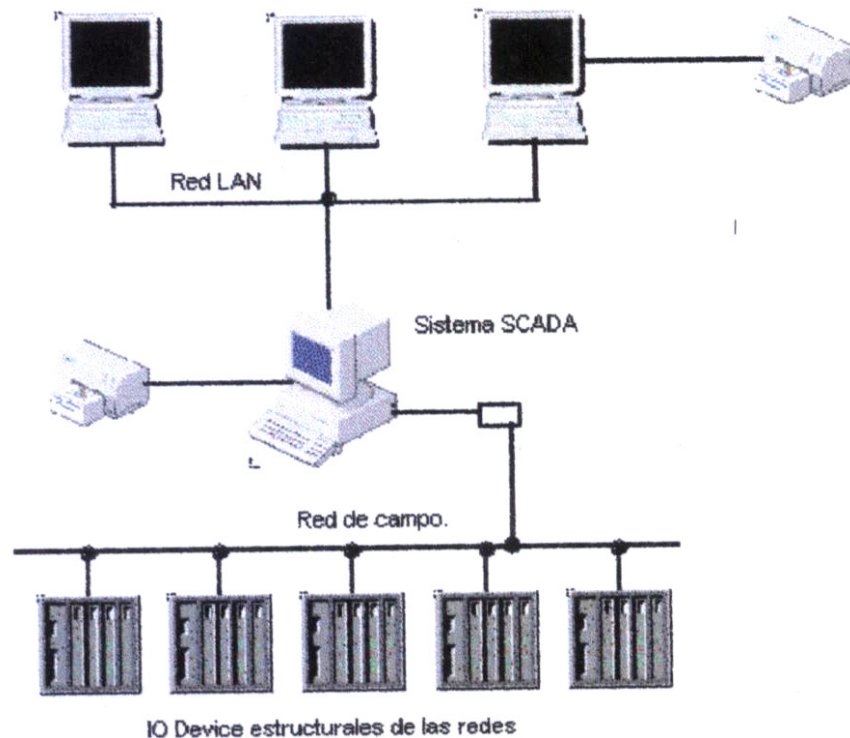


Fig. 1.7 Sistema de supervisión

Fuente: *Diseño del sistema de supervisión y control central hidroeléctrica.*

El sistema supervisor permite la visualización, operación monitoreo, registro y evaluación de la información recolectada, y, enviada por los aparatos de campo, esta integrado por tres partes fundamentales que son:

- ☯ El Software
- ☯ El hardware
- ☯ Las comunicaciones.

El *software* es el programa de aplicación que nos permite interactuar con el sistema, establece la comunicación en los dos sentidos; necesidades del usuario introducidas al sistema de supervisión (comunicación usuario-programa) la muestra de la información recolectada y enviada por los IODevice y procesados por el programa (comunicación programa-usuario). Y se las puede mostrar como valores de mediciones de alarmas, eventos, registros, etc.

El *Hardware* se refiere principalmente a las características de la máquina y de los requerimientos que son necesarios para su instalación y mejor utilización del software.

La *comunicación* es el medio para transmitir la comunicación entre el supervisor y los equipos de campo, también pudiendo hacerlo en la forma inversa.

Al intercambio de información entre computadores se le llama comunicación entre computadores, al conjunto de computadores que se interconectan se le llama red de computadores. Para la comunicación entre dos entidades situadas en sistemas diferentes, se necesita definir y utilizar un protocolo.

Los protocolos de comunicación

Se han desarrollado técnicas para la transmisión confiable sobre medios pobres, y es así que muchas compañías alcanzaron una ventaja competitiva respecto de sus competidoras simplemente debido al mérito técnico de sus protocolos. Estos protocolos por lo tanto tendieron a ser propietarios, y celosamente guardados.

Esto no representaba un problema al instalar el sistema, aunque sí cuando eran requeridas extensiones. Lo obvio y casi absolutamente necesario era acudir de nuevo al proveedor original. No era generalmente factible considerar el uso de un protocolo distinto, pues eran generalmente mutuamente excluyentes. Los progresos recientes han

considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos". IEC870/5, DNP3, MMS son algunos de éstos.

Los mejores de estos protocolos son los multicapa completamente "encapsulados", y los sistemas SCADA que utilizan éstos pueden confiar en ellos para garantizar la salida de un mensaje y el arribo a destino. Un número de compañías ofrece los códigos fuente de estos protocolos, y otras ofrecen conjuntos de datos de prueba para testear la implementación del mismo. Por medio de estos progresos está llegando a ser factible, por lo menos a este nivel, considerar la interoperabilidad del equipamiento de diversos fabricantes.

Los puntos que definen un *protocolo* son:

- ☯ **La sintaxis:** formato de los datos y niveles de señal.
- ☯ **La semántica:** incluye información de control para la coordinación y manejo de errores.
- ☯ **La temporización:** incluye la sincronización de velocidades y secuenciación.

Todas estas tareas se subdividen en subtarear y a todo se le llama arquitectura del protocolo.

La estandarización de protocolos en la industria es un tema en permanente discusión, donde intervienen problemas técnicos y comerciales. Cada protocolo está optimizado para diferentes niveles de automatización y en consecuencia responden al interés de diferentes proveedores. Por ejemplo Fieldbus Foundation, Profibus y Hart, están diseñados para instrumentación de control de procesos. En cambio DeviceNet está optimizado para los mercados de los dispositivos discretos (on-off) de detectores, actuadores e interruptores, donde el tiempo de respuesta y repetibilidad son factores críticos.

Cada protocolo tiene un rango de aplicación, fuera del mismo disminuye el rendimiento y aumenta la relación costo/prestación. En muchos casos no se trata de protocolos que compitan entre sí, sino que se

complementan, cuando se trata de una arquitectura de un sistema de comunicación de varios niveles.

Para los *equipos de campo* es independiente del tipo de programa utilizado, se logran configuraciones topológicas en las redes locales.

- ☉ *Conexión directa* (punto a punto) con un aparato de procesamiento.
Es la comunicación más simple que se logra de forma directa con un cable de comunicaciones.

Esta configuración se emplea fundamentalmente en redes eléctricas cuando se quiere hacer un ajuste o revisar un parámetro en un aparato de procesamiento.

- ☉ *Conexión directa* desde varios aparatos de procesamiento (multipunto)

Cuando se conectan varios aparatos de procesamiento a su sistema supervisor es imprescindible que esta esté instalada a una tarjeta de comunicaciones serie de alta velocidad, ya que las tarjetas estándar no están diseñadas para la comunicación con varios aparatos a alta velocidad evitando desperfectos y demoras en el proceso de comunicación. Normalmente se usan tarjetas de 4, 8, y 16 puertos para que puedan ser conectados en forma directa.

1.9.4 CONTROLADORES SECUENCIALES.

Existen diversas situaciones en las que el control se ejerce mediante elementos que se encienden o se apagan a tiempos o valores fijos para controlar los procesos y producir una secuencia escalonada de operaciones. Por ejemplo, una vez concluido el paso 1, se inicia el paso 2, cuando éste concluye, se inicia el paso 3, y así sucesivamente.

El termino *control secuencial* se usa cuando las acciones de control están ordenadas estrictamente de acuerdo con una secuencia definida por el tiempo o por los eventos. En la actualidad es posible que este tipo de

circuitos se reemplacen por un sistema controlado por un microprocesador y con una secuencia controlada por un programa de software.

1.10 ADQUISICIÓN DE DATOS.

El termino *adquisición de datos*, o AD, describe el proceso que consiste en tomar datos de los sensores e introducirlos en una computadora para procesarlos. Los sensores están conectados, por lo general después de someterlos a un acondicionamiento de señal, a una tablilla de adquisición de datos conectada en la parte posterior de una computadora (DAQ).

Figura 1.8

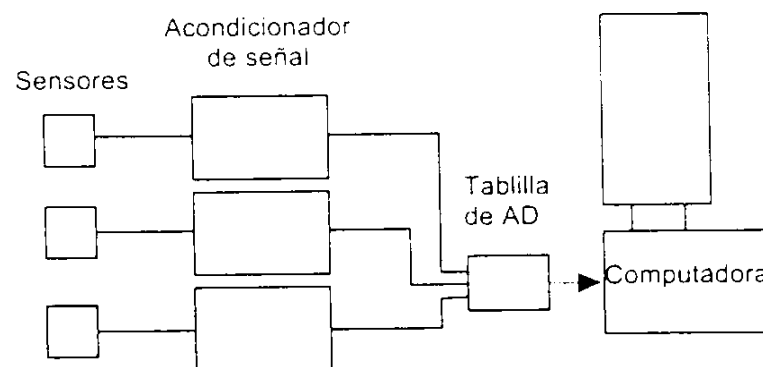


Fig.1.8 Sistema de adquisición de Datos

Fuente: Mecatrónica.

El software de la computadora controla los datos de adquisición a través de la tablilla de AD. Cuando el programa requiere la entrada de un sensor en particular, activa la tablilla mediante el envío de una palabra de control al registro de control y de estatus. La entrada del sensor conectada al canal de entrada en cuestión pasa por un amplificador y llega al convertidor analógico digital. Después de la conversión, la señal digital obtenida pasa al registro de datos y la palabra que se encuentra en el registro de control y estado se modifica para indicar la llegada de la señal. Luego la computadora envía una señal para que los datos sean leídos e introducidos en la computadora para su procesamiento. Esta señal es

necesaria para asegurar que la computadora no estará en espera sin hacer nada, en tanto la tablilla realiza su adquisición de datos y aprovecha para indicar a la computadora en que momento concluye una adquisición; la computadora procede a interrumpir los programas que este implantando, lee los datos de AD y continua con sus programas.

1.10.1 REGISTRADORES DE DATOS.

Son una unidad que monitorea las entradas de una gran cantidad de sensores. Las entradas que envían los sensores, y después del respectivo acondicionamiento de señal, se alimentan a un multiplexor. Este selecciona una de todas las señales y la señal seleccionada se alimenta, después de amplificarla, al convertidor analógico a digital.

Como los registradores de datos con frecuencia se utilizan con termopares, hay entradas especiales para los termopares, siempre que estos tengan compensación de unión fría y linealización. El multiplexor se conecta a cada sensor de uno en uno, por lo que la salida consiste en una secuencia de muestras. Para seleccionar el muestreo de las entradas se programa el microprocesador para que conecte el multiplexor y éste se limite a muestrear un solo canal, realice un solo muestreo de todos los canales, haga un muestreo continuo de todos los canales o realice un muestreo periódico de todos los canales. Bolton, 1997

1.10.2 SISTEMAS DE PRESENTACIÓN DE DATOS.

La presentación visual de datos, puede ser mediante los dígitos de un visualizador de LEDs, o en la pantalla de un ordenador. Los sistemas de medición constan de tres elementos: sensor, acondicionador de señal y visualizador o elemento de presentación de datos. Para presentar datos se cuenta con una amplia gama de elementos que por tradición se clasifican en dos grupos: indicadores y registradores. Los *indicadores* proporcionan una indicación visual instantánea de la variable medida, en

tanto que los *registradores* graban la señal de salida durante cierto tiempo y proporcionan en forma automática un registro permanente. El registrador es la opción más deseable si el evento tiene una alta velocidad o es transitorio y es imposible que un observador lo siga, o bien, cuando hay una gran cantidad de datos o es imperativo contar con un registro de datos.

1.10.3 EL ORDENADOR COMO INSTRUMENTO DE CONTROL

El ordenador, gracias a la generalidad de sus capacidades básicas memoria, calculo, decisión- es capaz de efectuar, todas las funciones que realizan los instrumentos y los operadores en una sala de mando centralizado de un proceso.

Analizando todas las funciones que se ejecutan en una sala de mando por la instrumentación y por los operadores podemos ver que se pueden realizar mediante las operaciones básicas detalladas. Figura 1.10

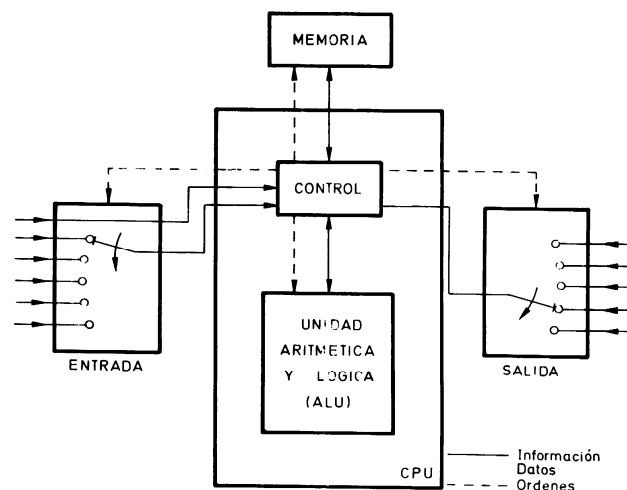


Fig. 1.10 Estructura Básica del ordenador

Fuente: Mecatrónica.

Que según se ha visto se pueden realizar con un ordenador, pueden realizarse tres funciones generales.

- ☯ “Logging”: recogida, tratamiento, almacenamiento y presentación de datos.
- ☯ *Supervisión*: asistencia o guía al operador para que ejecute las acciones de control con la información válida y adecuada.
- ☯ *Control*: .Cálculo de las acciones de control que deben ejecutarse por el operador (“open-loop”, bucle abierto)
- ☯ automáticamente (“closed-loop”, bucle cerrado)

Es evidente que estas opciones dependen del tipo e importancia de la información. Cuando se hace el programa puede escogerse la forma de presentar la información, aunque en algunos casos puede permitirse al operador elegir entre varias alternativas, ya sea en el momentote su presentación, ya sea de forma semipermanente.

CAPÍTULO II

MODELO

MATEMÁTICO.

Las bases de los modelos matemáticos se obtienen de leyes físicas fundamentales que rigen el comportamiento de un sistema.

El invernadero es un recinto cerrado donde la diferencia entre el clima interior y exterior se crea principalmente por la cubierta, mediante la radiación solar y los mecanismos del estancamiento de aire.

2.1 TEMPERATURA INTERNA

La evolución de la temperatura interna depende de los siguientes factores:

- ☯ La calefacción
- ☯ La Radiación solar
- ☯ La Ventilación
- ☯ La influencia del suelo

A continuación se describirán algunos factores determinantes de la temperatura interna del invernadero (Cordero, 2004).

2.1.1 CALEFACCIÓN.

El sistema de calefacción tiene mucha importancia en la determinación de la temperatura interna del invernadero, su influencia Q_{cal} . Es proporcional a la diferencia entre la temperatura interior del invernadero y la del sistema de calefacción. Se puede describir por la ecuación siguiente:

$$Q_{cal} = kc(T_p - T_i) \quad (2.1)$$

Donde:

Q_{cal} Es el flujo de energía que proviene del sistema de calefacción [Wm^{-2}]

k_c Es el coeficiente de transmisión térmica [$Wm^{-2}°C^{-1}$]

T_p Es la temperatura del agua dentro del sistema de calefacción [$°C$]

T_i Es la temperatura interna del invernadero [$^{\circ}\text{C}$]

2.1.2 RADIACIÓN SOLAR.

La cantidad de radiación solar Q_{rad} que entra en el invernadero, es proporcional al factor de transmisión de la cubierta. Esta descrita por la siguiente ecuación:

$$Q_{rad} = k_{rad} G \quad (2.2)$$

Donde:

Q_{rad} Es el flujo de energía que proviene del sol [Wm^{-2}]

k_{rad} Es el factor de conversión de la radiación solar por la cubierta [-]

[-] Es un factor adimensional.

G es la radiación de onda corta [Wm^{-2}]

2.1.3 VENTILACIÓN.

Una de las consecuencias de la ventilación es la reducción de la temperatura del invernadero. Depende de la diferencia de temperatura que hay dentro y fuera del invernadero. Es la suma de dos factores, el primer factor es por la ventilación y el segundo por transmisión a través de la cubierta. Su acción se puede calcular por la ecuación siguiente:

$$Q_{vent} = (k_v \Phi_{vent} + k_r)(T_i - T_0) \quad (2.3)$$

Donde:

Q_{vent} Es el flujo de energía perdida por ventilación, infiltración, conducción [Wm^{-2}]

k_v Es la capacidad calorífica por unidad volumétrica del aire. $[-]$

k_r Es el coeficiente de transmisión de energía a través de la cubierta $[-]$

T_i Es la temperatura interior del invernadero $[^{\circ}C]$

T_0 Es la temperatura exterior $[^{\circ}C]$

Φ_{vent} Es el flujo del aire por la ventilación. $[ms^{-1}]$

El flujo de aire causado por ventilación a través de las ventanas Φ_{vent} , se calcula a partir de la velocidad del viento y de la apertura de las ventanas de ventilación. Este flujo depende principalmente del grado de apertura de las ventanas (A se especifica mas adelante), y de los escapes que pueda tener el invernadero C_{esc} . Se puede calcular por la ecuación siguiente

$$\Phi_{vent} = A \left(\frac{a_1 U_{ts}}{1 + a_2 U_{ts}} + a_3 + a_4 U_{ws} \right) W + C_{esc} \quad (2.4)$$

Donde:

A es la apertura de las ventanas por m^2 $[\%]$

a_1, a_2, a_3 y a_4 son factores de parametrización de la función de ventilación $[-]$

U_{ts} y U_{ws} son los grados de apertura de la ventana $[\%]$

W Es la velocidad del viento $[ms^{-1}]$

C_{esc} Es el término de escape de aire a través de las grietas del invernadero $[ms^{-1}]$

2.1.4 INFLUENCIA DEL SUELO.

La temperatura del suelo influye mucho sobre la temperatura del invernadero. La cantidad de energía aportada por el suelo es proporcional

a la diferencia de temperatura del suelo T_s y la del interior del invernadero T_i . Su contribución se describe por la ecuación siguiente:

$$Q_{suelo} = k_s (T_s - T_i) \quad (2.5)$$

Donde:

Q_{suelo} Es el flujo de energía que proviene del suelo $[Wm^{-2}]$

k_s Es el coeficiente de transmisión a través del suelo $[Wm^{-2} \circ C^{-1}]$

T_s Es la temperatura del suelo $[^{\circ}C]$

T_i Es la temperatura interior $[^{\circ}C]$

2.1.5 MODELO MATEMÁTICO DE LA TEMPERATURA EN EL INVERNADERO.

Aplicando un balance energético al aire interior del invernadero se obtiene la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{C_{cap,q}} (Q_{rad} + Q_{cal} + Q_{suelo} + Q_{vent}) \quad (2.6)$$

Donde:

$C_{cap,q}$ Es la capacidad térmica del aire del invernadero $[Wm^{-2} \circ C^{-1}]$

2.2 MODELO MATEMÁTICO DE LA HUMEDAD INTERNA.

La humedad interna esta relacionada con la transpiración de la vegetación:

$$\Phi_{hum,transp} [Kgm^{-2}s^{-1}],$$

La ventilación:

$$\Phi_{hum,vent} [Kgm^{-2}s^{-1}]$$

Y el aporte de los humidificadores:

$$\Phi_{hum,fog(fogsystem)} [Kgm^{-2}s^{-1}]$$

En el caso de los invernaderos que usan este tipo de control.

2.2.1 VENTILACIÓN.

El intercambio del vapor de agua $\Phi_{hum,vent} [Kgm^{-2}s^{-1}]$ a través de la ventilación se puede modelar como el producto del flujo del aire $\Phi_{hum,vent}$ y la diferencia entre la humedad exterior e interior. Se puede describir por la siguiente ecuación (Jong, 1990)

$$\Phi_{hum,vent} = \Phi_{vent} (V_i - V_0) \quad (2.7)$$

Donde:

Φ_{vent} Es el flujo de aire a través de las ventanas $[ms^{-1}]$

V_i Es la humedad absoluta dentro del invernadero $[kgm^{-3}]$

V_0 Es la humedad absoluta fuera del invernadero $[kgm^{-3}]$

2.2.2 TRANSPIRACIÓN.

La transpiración de la vegetación actúa como una fuente de vapor de agua al aire interior. La presión de saturación esta determinada por la temperatura del cultivo (equivalente a la temperatura del aire en este modelo) (Henten, 1994). La transpiración del cultivo se describe por:

$$\Phi_{hum,transp} = (1 - e^{-a_i P_s}) a_{tm} \left(\frac{c_1 c_2 a_{H_2O}}{aR(T_i + t_{abs})} e^{\frac{c_3 T_i}{T_i + c_4}} - V_i \right) \quad (2.8)$$

Donde:

$a_1[-], a_2[Jm^{-3}], a_3[-], a_4[^\circ C]$ Son parámetros de saturación de presión del vapor de agua

a_t Es un factor de parametrización de la función de reducción de la transpiración $[m^2 kg^{-1}]$

P_s Es el peso seco estructural $[kgm^{-2}]$

$a_{t,m}$ Es el coeficiente de transmisión de masa $[ms^{-1}]$

a_{H_2O} Es la masa molecular del agua $[Kgkmol^{-1}]$

a_R Es la constante de gases perfectos $[JK^{-1}kmol^{-1}]$

T_i Es la temperatura interior $[^\circ C]$

t_{abs} Es la temperatura absoluta $[K]$

V_i Es la humedad absoluta dentro del invernadero $[kgm^{-3}]$

c_1, c_2, c_3, c_4 Es el parámetro de saturación de presión del vapor de agua

La ecuación anterior describe la transpiración de la vegetación para una superficie de $1 m^2$ de suelo.

2.2.3 HUMIDIFICACION (fogging).

Los sistemas de humidificación contribuyen directamente con una cantidad $\Phi_{hum, fog}$ de humedad en el aire del invernadero. Su acción consiste en aportar gotas muy finas de agua al aire que se evaporan antes de llegar a las plantas.

2.2.4 MODELO DE LA HUMEDAD EN EL INVERNADERO.

Aplicando un balance másico de la humedad, se obtiene la ecuación diferencial que explica la evolución de la humedad interna del invernadero. Las cantidades de vapor de agua que se ganan son las que

proviene de la transpiración $\Phi_{hum,transp}$ y del sistema *fogging* $\Phi_{hum,fog}$. Por otra parte, las cantidades que se pierdan son las que salen por causa de la ventilación $\Phi_{hum,vent}$:

$$\frac{dV_i}{dt} = \frac{1}{a_{hum,mas}} (\Phi_{hum,transp} + \Phi_{hum,fog} - \Phi_{hum,vent}) \quad (2.9)$$

Donde:

$a_{hum,mas}$ Es la capacidad másica del aire del invernadero para la humedad $[m]$.

Para encontrar la transformada de Laplace de la ecuación 2.6. Se puede recurrir a tablas y aplicar algunas reglas básicas:

- ☯ La transformada de Laplace de la primera función de la primera derivada de una función es:

$$\text{Transformada de:} \quad \left[\frac{d}{dt} f(t) \right] = sF(s) - f(0)$$

Donde $f(0)$ es el valor inicial de $f(t)$ cuando $t=0$. Sin embargo cuando se trata de una función de transferencia todas las condiciones iniciales deben ser iguales a cero.

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{C_{cap,q}} (Q_{rad} + Q_{cal} + Q_{suelo} + Q_{vent})$$

Reemplazando valores a la ecuación anterior:

$$C_{cap,q} = K$$

$$Q_{rad} + Q_{cal} + Q_{suelo} + Q_{vent} = A$$

La Ecuación diferencial quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{K} (A)$$

$$KdT_i = Adt$$

En función de s nos quedaría:

$$A = KsT(s)$$

$$A = KT$$

Una vez que se ha realizado manipulaciones algebraicas en el dominio de s es posible volver a transformar el resultado al dominio de tiempo utilizando una tabla de transformadas de manera inversa, es decir buscando la función en el dominio del tiempo que corresponda al resultado en el dominio de s .

La función de transferencia de $G(s)$ quedaría expresada de la siguiente forma:

$$G(s) = \frac{1}{K + A}$$

Aplicando la función de transferencia a la ecuación 2.9. y reemplazando valores como en la ecuación anterior:

$$a_{hum,mas} = Q$$

$$\Phi_{hum,tranp} + \Phi_{hum,fog} - \Phi_{hum,vent} = B$$

La ecuación diferencial quedaría expresada de la siguiente forma:

$$QdVi = Bdt$$

En función de s quedaría:

$$B = QsV(s)$$

La función de transferencia quedaría:

$$G(s) = \frac{1}{K + B}$$

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

DE

AUTOMATIZACIÓN.

3.1 INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se desarrolla el diseño, cálculo y selección de los diferentes equipos y materiales utilizados en el sistema de automatización para el invernadero.

Se debe tomar en cuenta el tipo de cultivo que existen en el invernadero, la situación geográfica de la ciudad de Loja y el factor económico, que en este caso, resulta uno de los principales inconvenientes, es por eso que como ya se menciona en el Capítulo I se tomará en cuenta a la humedad, temperatura interna, y, el sistema de riego como las variables a ser profundizadas en su estudio, y, a continuación se detalla los cálculos.

3.2 CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.

La provincia de Loja posee un clima muy variado, y tiene gran influencia sobre las variables climáticas ya que cada estación tiene sus propias características haciendo que las condiciones ambientales al interior del invernadero también varíen. La mayor diferencia se nota entre la época de invierno y verano las cuales son las únicas estaciones que poseemos.

Las condiciones climáticas de nuestro país cambian debido a tres factores: latitud, relieve-altitud y la presencia del Océano Pacífico con sus corrientes marinas.

Para el presente estudio nos centraremos en la Provincia de Loja, que es el lugar específico, aquí se presenta una variedad climática, relacionada con la geografía y orografía.

El verano esta comprendido aproximadamente entre Mayo-Septiembre, mientras que el invierno se da entre los meses Octubre-Abril. Nuestra Ciudad esta situada a una altura de 2135 m.s.n.m Tapia, 2003, y una temperatura ambiental en el invierno, fluctúa entre los 14 °C a 15 °C mientras que la temperatura del verano esta entre los 18 °C y 21 °C. de la misma forma el promedio de la humedad relativa esta entre el 67% y 74%. Tapia, 2003

A pesar de que la temperatura ambiental de la zona posea un grado que tiende a caracterizar a la zona como Zona Fría dentro del invernadero por el efecto, llamado del mismo nombre, efecto invernadero hace que se eleven la temperatura de forma considerable llegando a tener un promedio de 33 °C, y la humedad de 56% lo que hace necesario controlar estos factores.

En la época de verano existe un mayor flujo de radiación solar lo que tiende a un mayor calentamiento al interior del invernadero caso contrario ocurrirá en el invierno, que a pesar del efecto invernadero que se produce, es decir guardar el calor, la temperatura disminuirá no solo porque la radiación decrece si no también que existirá lluvias mas continuas que disminuirán la temperatura exterior y por ende la interior, habrá aumento de vientos y con mayor velocidad todo ello conlleva a que el invernadero necesite, en este caso introducirle calor, para lo cual se hace necesario un estudio mas detallado del tipo de control. Sin embargo, se prescindirá de este efecto, debido a que el sistema que aquí se propone es apto para mejorar el clima en caso de la temperatura interna aumente de los valores establecidos. Efecto que se da en época de verano.

También hay que hacer notar el efecto que se produce tanto en el día como en la noche, ya que se comportan como si fuesen dos estaciones diferentes, debido a que en la noche disminuye la radiación solar y, por tanto el invernadero se enfría.

3.3 LUGAR DE APLICACIÓN DEL ESTUDIO.

El invernadero del CATER, esta ubicado en la ciudad de Loja, es del tipo Capilla Figura 3.1, con unas dimensiones de 15 m de ancho, 21 m de largo, una altura máxima de 3m, la inclinación del techo de 11°, con una área de 315 m², posee una cubierta de plástico UV, este invernadero es utilizado como vivero es decir que aquí se encuentran diferentes tipos de cultivos, (Babacos, tomates de árbol, cítricos, lechugas) cabe recalcar

que estos cultivos están exentos de piso (hidropónicos), los cuales tienen mayores ventajas que los tradicionales, y, verticales, siendo la temperatura ideal que los ingenieros del lugar sugieren debería estar entre los 16 y 27°C, y, la humedad entre el 45 y 60%. Siendo estas variables las cuales serán objeto de estudio, en el presente trabajo de investigación.

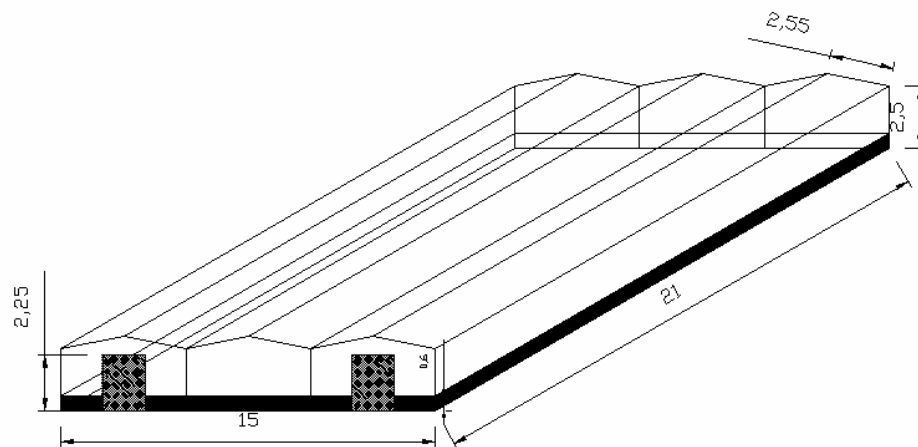


Fig. 3.1 Estructura del invernadero.

Fuente: Elaborado por los Autores.

3.4 SELECCIÓN DE VARIABLES.

Para la selección de variables se debe considerar aspectos como la exactitud del sistema, dimensiones del invernadero, tipo de cultivo, condición económica.

Los diferentes parámetros necesarios para realizar el control climático de un invernadero se miden con sistemas electrónicos que transforman las magnitudes físicas en señales eléctricas para que puedan ser interpretadas por el equipo de control. Los parámetros más utilizados son los siguientes:

Temperatura; Las medidas de la temperatura del aire, tanto en el interior como en el exterior del invernadero, se realizan por medio de termorresistencias, termopares o termistores, termodiodos y transistores, situados dentro de una cápsula ventilada a una velocidad superior a 3 m/s y no expuesta a la radiación solar. La absorción de energía radiante por exposición de la sonda a la radiación puede provocar sobre valoraciones de la temperatura del aire.

Siendo esta una de las variables que se va a monitorear en el invernadero, el diodo semiconductor de unión con frecuencia se lo usa como sensor de temperatura, debido a su sencillez y bajo costo.

Su principio de funcionamiento se basa en que cuando cambia la temperatura de semiconductores con impurezas, también se modifica la movilidad de sus portadores de carga, lo cual afecta la velocidad de difusión de electrones y huecos.

Este tipo de sensores son tan compactos como los termistores, pero tiene la ventaja de que su respuesta es lineal. Circuitos integrados como el **LM3911** tiene este tipo de diodos que se utilizan como sensores de temperatura, y proporcionan el acondicionamiento de señal respectivo.

(Bolton, 1997)

De manera similar al termodiodo, en un termotransistor, el voltaje en la unión de la base y el emisor depende de la temperatura y sirve como medida de la misma. Estos transistores se combinan con otros componentes de circuito de un solo *chip* y de esta manera se obtiene un sensor de temperatura, así como el acondicionador de señal respectivo. El más común en este tipo es el **LM35** figura 3.2. Este sensor se puede usar en un rango de -55 °C a 150 °C y produce una salida de 10mV/°C.

Siendo este el sensor que se ha elegido para el presente trabajo; y presenta las siguientes características:

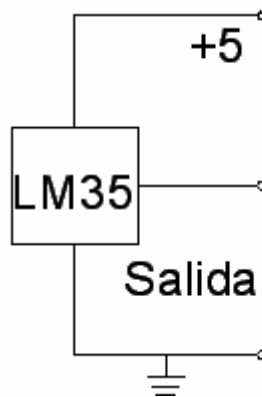


Fig.3.2 Diagrama del Sensor LM35

Fuente: National Semiconductor

El LM35 es un sensor de temperatura con una precisión calibrada de 1 °C y un rango que abarca desde -55 °C a +150°C. El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el mas común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo. Podemos conectarlo a un conversor Analógico/Digital y tratar la medida digitalmente, almacenarla o procesarla con un controlador o similar. National Semiconductor LM35, 1995

El circuito acondicionador de señal para este sensor se lo puede observar en el Anexo II.

Humedad; Los sensores permiten mediante lecturas de humedad, o combinadas con otras de temperatura, obtener índices tan importantes como la humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, déficit hídrico y déficit de presión de vapor.

El higrómetro es un instrumento que mide directamente el grado de humedad relativa del aire. El tipo más antiguo, denominado higrómetro de cabello, lo hace por medio de materias higroscópicas que, al absorber la humedad ambiente, se alargan proporcionalmente a la humedad relativa del aire.

Uno de los sensores más utilizados en control climático de invernaderos son los **psicrómetros**, que miden simultáneamente la temperatura del aire seco y la temperatura de termómetro húmedo, obtenida mediante una mecha de algodón que permanece siempre mojada por medio de un pequeño depósito de agua. Al evaporarse el agua de la mecha, enfría el termómetro proporcionalmente a la humedad del aire ambiente. El termómetro seco indica, por el contrario, la temperatura del aire independientemente de su estado higrométrico. La diferencia existente entre la temperatura de ambos instrumentos permite deducir la humedad relativa del aire, conocida la presión atmosférica.

Actualmente existen en el mercado sondas de humedad relativa de tipo capacitivo que utilizan materiales higroscópicos cuya resistencia eléctrica disminuye de forma proporcional a la cantidad de vapor de agua absorbida. Presentan la ventaja con respecto a los psicrómetros de no necesitar mantenimiento riguroso, aunque es muy importante el que se realice de forma regular una correcta calibración de la sonda.

Para realizar este trabajo se elige un sensor del tipo **capacitivo**, que se basa en la variación de las características eléctricas del dieléctrico de un condensador al variar la humedad. El principal inconveniente que presentan es que a altas humedades (100% de HR) el dieléctrico se satura y tarda bastante tiempo en volver a medir correctamente si no se encuentra bien ventilado.

El sensor de humedad que se utiliza en esta aplicación es el HS 1101 Figura 3.3. Basado en una única célula capacitiva, este sensor de humedad relativa está diseñado para grandes volúmenes y aplicaciones de bajo costo como oficinas automatizadas, cabinas de aviones, sistemas de mando de procesos industriales. También pueden utilizarse en todas las aplicaciones donde la compensación de la humedad sea necesaria Narváez, 2002 y, sus características se describen a continuación:

- ☯ Intercambiabilidad total, en condiciones normales no requiere calibración.

- ☯ Desaturación instantánea, después de largos periodos en fase de saturación
- ☯ Compatible con el proceso de montajes automatizados
- ☯ Alta fiabilidad y largo tiempo de estabilidad
- ☯ Estructura de polímero sólido patentado
- ☯ Apropiado para circuitos lineales o de impulsos
- ☯ Tiempo de respuesta rápido

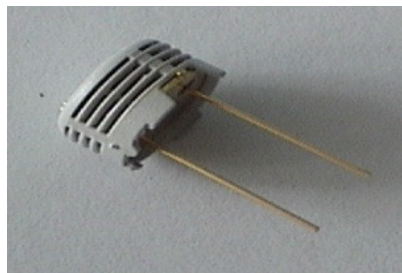


Fig.3.3 Sensor humedad HS1101

Fuente: *Medición Electrónica de la humedad Relativa*

El circuito que permite obtener la señal de la humedad en forma de voltaje se lo puede ver en el Anexo II.

Radiación. La medida de la radiación solar global incidente sobre un plano horizontal, exterior al invernadero, se realiza mediante un piranómetro, colocado a una altura de dos metros sobre el terreno, en las proximidades del invernadero, aunque generalmente se sitúa sobre la cubierta del mismo. La medida de la radiación solar global incidente sobre un plano horizontal, interior al invernadero, se debe realizar a la altura de la masa foliar de las plantas, aunque normalmente se coloca muy por encima del dosel vegetal.

Su medida se la puede hacer por **termopilas** que producen un voltaje de salida cuando la temperatura de sus uniones activas (punto caliente) es

superior a la de contactos de referencia (punto frío). El funcionamiento es sencillo, la radiación solar calienta la zona oscura, a la que están conectadas las uniones sensibles, y la termopila produce un voltaje en función de esa temperatura, que a su vez, es función de la radiación incidente.

También se lo puede hacer con **fotodiodos**; se basa en materiales semiconductores. La resistencia de estos materiales varía en función de la luz incidente, de forma que la corriente aumenta según aumenta el flujo luminoso incidente. Mide radiaciones en un intervalo de longitud de onda menor que los basados en termopilas.

El sensor quantum permite la medida de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), mediante un diodo semiconductor de silicio, en el cual los rayos luminosos incidentes provocan variaciones en la corriente eléctrica, ya que su resistividad experimenta un descenso muy importante cuando se proyecta un haz luminoso cerca de la punta o electrodo montado en su base. Su rango de medida está comprendido entre 380 y 780 nm de longitud de onda y su precisión es de menos de un 5% de la radiación medida. Tiene gran sensibilidad y rapidez de respuesta, aunque se ven afectados fácilmente por perturbaciones externas.

Aunque su uso en invernaderos está poco extendido, también es posible determinar la radiación neta y la radiación difusa, mediante sensores.

La lectura de la velocidad del viento se suele realizar mediante un anemómetro de cazoletas, que incorpora una dinamo tacométrica o alternador, cuya salida analógica depende de la velocidad de giro de las cazoletas. Esta velocidad de rotación es proporcional a la del viento al cuadrado y al coeficiente de forma de las cazoletas. El sensor necesita un valor mínimo de velocidad del viento para comenzar a funcionar, normalmente entre 0,5 y 1 m/s. Para velocidades de viento pequeñas, por ejemplo para medir velocidad de viento en el interior del invernadero, se

utilizan sensores basados en anemometría de hilo caliente, aunque su uso está limitado a trabajos de investigación de alta precisión.

La dirección del viento se puede medir con una **veleta** que envía una señal eléctrica proporcional al ángulo que ésta forma con el Norte. Para la medida en el exterior, los sensores han de situarse próximos al invernadero

Otra forma puede ser con un **Dinamo**; se utiliza como eje de una dinamo. Al girar este eje por la acción del viento, la dinamo genera una tensión (voltios) proporcional a la velocidad del viento.

Ventilación; La principal función de los equipos de ventilación, ya sea mediante simples aberturas, ventanas o mediante extractores, es de mantener un valor de la temperatura en el interior del invernadero por debajo de un valor máximo de consigna. Otras funciones de la ventilación pueden ser la regulación del nivel de humedad dentro del invernadero y de la concentración de CO₂.

Las motos reductoras se utilizan en el caso de la **ventilación natural** para variar de forma progresiva la posición de las ventanas del invernadero. Estos actuadores son motores eléctricos que transmiten un movimiento de rotación a un eje situado perpendicularmente al de giro del motor.

En las instalaciones de **ventilación forzada** el aire circula dentro del invernadero debido principalmente al impulso generado por el movimiento rotatorio de las aspas de los extractores alrededor de su eje.

Tanto en el caso de instalaciones de **nebulización** como de pantallas evaporadoras, la capacidad de refrigeración es función del caudal de agua evaporado. En los paneles evaporativos intervienen además los extractores que determinan el flujo de aire a través de las pantallas humidificadoras.

Al igual que en el caso de los circuitos de *calefacción*, las bombas de impulsión permiten el accionamiento o paro de la circulación del agua a través de las pantallas evaporadoras o de las boquillas de nebulización.

Las *electroválvulas* permiten controlar el paso de agua por los diferentes sectores que forman el circuito de circulación del agua. Normalmente sólo actúan cerrando o abriendo como respuesta a una señal eléctrica. Sin embargo, también se pueden utilizar válvulas reguladoras de caudal que permiten realizar un cierre progresivo y actuar así sobre el caudal de paso y sobre la presión del agua.

Para el control ambiental de los invernaderos es necesario modelar su comportamiento, teniendo en cuenta la diversidad de tipos de estructuras y de sistemas de calefacción o refrigeración. Igualmente hay que tener en cuenta los diferentes factores que intervienen: la penetración de la luz, las transferencias de masa y energía y el crecimiento de las plantas.

La ventaja esencial de los modelos es que pueden dar acceso a un juego de consignas de clima, capaces de anticipar el impacto que ejerce una acción sobre los medios de climatización en el proceso estudiado. Dentro de este aspecto, la modelación de la tasa de ventilación del invernadero es una herramienta esencial del control del clima, ya que toda acción sobre el nivel de apertura de la ventana modifica a la vez varias variables de salida (temperatura, humedad relativa y concentración en CO₂ del aire).

3.5 SISTEMA HUMIDIFICADOR. (RIEGO)

Los componentes principales de este sistema son y su esquema se muestra en la Figura 3.4:

- ☯ Reservorio de agua
- ☯ Bomba (WORKPUMP)
- ☯ Filtro (ARKAL)

- ☯ Red de distribución de agua
- ☯ Electroválvulas (BERMAD)
- ☯ Nebulizadores (Naan)
- ☯ LOGO! (Zelio Telemecanique SR2 B201BD)

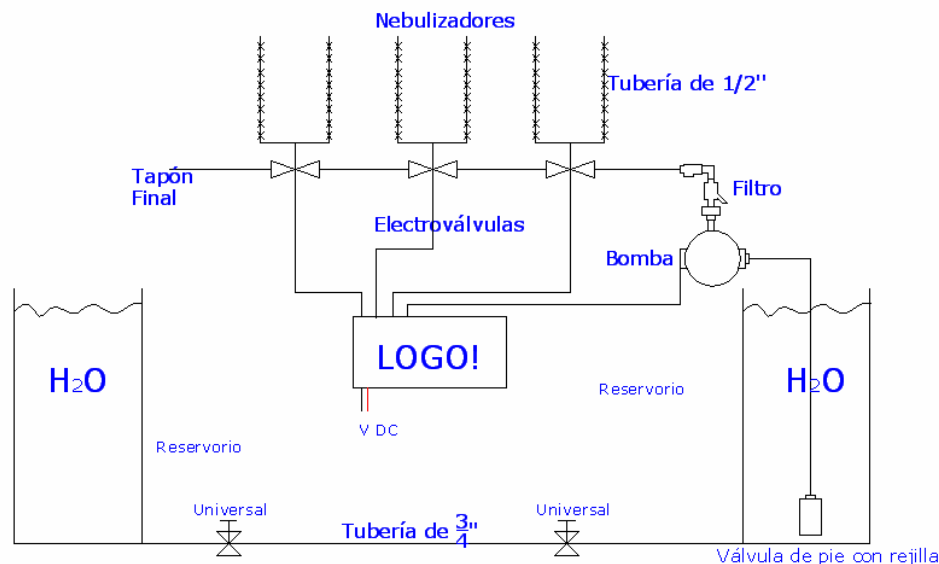


Fig. 3.4 Diagrama del sistema de Riego.

Fuente: Elaborado por Autores.

3.5.1 CÁLCULO SISTEMA DE RIEGO.

En el análisis y diseño de las instalaciones hidráulicas es necesario conocer las expresiones que relacionan el aumento o disminución de energía hidráulica (Bernoulli) que sufre el fluido al atravesar el elemento o componente con el caudal. Siendo éstas debidas a la *fricción* entre fluido y las paredes sólidas o también por la fuerte disipación de energía hidráulica que se produce cuando el flujo se ve perturbado por un cambio en su dirección, sentido o área de paso debido a la presencia de componentes tales como adaptadores, codos y curvas, válvulas u otros accesorios.

La pérdida de carga que sufre el fluido al atravesar un elemento es generalmente función del caudal o velocidad media (v), de las

características del fluido (r y m), de parámetros geométricos característicos del elemento (L_1, \dots, L_m) y de la rugosidad del material.

- ☯ El diseño de la red se hará de manera que queden accesibles las tuberías y el aislamiento térmico, así como todos los accesorios, en particular los de medida y control.
- ☯ Los circuitos deberán dividirse tomando en cuenta, el horario de funcionamiento de los subsistemas y la longitud del circuito hidráulico
- ☯ Se debe instalar filtros para ayudar a mantener limpios los elementos que forman parte del conjunto. Así como para protección los elementos interiores de las bombas (rodetes).

Como el riego que se utiliza para el invernadero es por nebulización y con base en la formula (Tapia, 2003)

$$Q = \frac{\pi V D^2}{4} \quad (3.1)$$

$Q =$ Caudal m^3/s .

$V =$ Velocidad de líquido m/s

$D =$ Diámetro del área de la tubería m^2 .

De forma experimental pudimos comprobar que el caudal (Q) es de 2l en 7 segundos y transformando esta cantidad a metro cúbico/ segundo nos da:

$$2.873 \times 10^{-3} m^3 / s$$

Luego despejamos de la formula anterior el diámetro:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \quad (3.2)$$

Asumimos que $V = 1 m/s$.

Siendo

$$D = \sqrt{\frac{4(2.9 \times 10^{-3})}{\pi(1)}}$$

$$D = 0.01921m$$

Esto transformándolo a pulgadas nos da $\frac{3}{4}$ ".

De acuerdo a este diámetro de tubería podemos elegir una bomba de $\frac{1}{2}$ ' HP encontrando en el mercado, marca WORKPUMP modelo QB60. (Anexo III)

3.5.1.1 PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EN LAS TUBERÍAS.

Las pérdidas de carga en las tuberías son de dos clases:

- ☯ Pérdidas Primarias
- ☯ Pérdidas Secundarias

3.5.1.1.1 PÉRDIDAS PRIMARIAS.

Las **pérdidas primarias** son las **pérdidas superficie** en el contacto del fluido con la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar). Tienen lugar en flujo uniforme, por tanto principalmente en los tramos de tubería de sección larga y constante. Por lo tanto no serán considerados en este trabajo.

3.5.1.1.2 PÉRDIDAS SECUNDARIAS.

Las **pérdidas secundarias** son las **pérdidas de forma**, que tienen lugar en las transiciones (estrechamiento o expansiones de la corriente), codos, válvulas, Tes, confusores difusores, filtros, etc.

La ecuación fundamental de las pérdidas secundarias, tiene la misma forma que la de las pérdidas primarias y es la siguiente: (Mataix, 1980)

$$\lambda \frac{L}{D} = \xi \quad (3.3)$$

Donde: λ = factor de fricción (coeficiente de pérdidas longitudinales)

L=longitud tubería. [m]

D= diámetro del tubo. [m²]

ξ = Coeficiente de pérdidas secundarias.

Las *pérdidas secundarias* se dan en distintos accesorios y se expresan mediante la siguiente forma:

$$H_{rs} = \xi \frac{V^2}{D} \quad (3.4)$$

Donde: H_{rs} = pérdida total (secundarias)

V = Velocidad media del flujo. (m/s)

Tabla.3.1. Elementos utilizados en el sistema de riego.

Accesorios	Válvula de pie	Codo 1/2"	T 1/2"	Universal 1/2"	T 3/4"	Codo 3/4"	Confusor-Difusor	Válvula mariposa	Electro válvula
ξ	6,08	0.098	0.051	0.036	0.053	0.27	0.1	0.019	0.033
cantidad	1	4	3	2	3	3	2	6	3

Fuente: Mecánica de fluidos.

Las pérdidas secundarias totales entonces serán.

$$H_{rs} = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \dots + \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{rs} = 0.43 + 4(0.098) + 3(0.051) + 2(0.036) + 3(0.053) + 3(0.089) + 6(0.019) + 3(0.033)$$

$$H_{rs} = 1.678$$

Para realizar el sistema de riego, y poder encontrar una mejor utilidad a la cantidad de agua, y tomando en cuenta que en la actualidad existen diversos sistemas de riego, y equipos para hacerlos de una manera mas sencilla y menos complicada, es por eso que también se utilizó un LOGO! PLC. Y para su selección es necesario tomar en consideración algunos aspectos que a continuación se detallan:

Al evaluar la capacidad y tipo de LOGO! Necesario para llevar a cabo una tarea, los factores que se deben tomar en cuenta son:

- ☉ ¿Que capacidad de entrada/salida se requiere? Es decir, la cantidad de entradas/salidas, la capacidad de expansión para necesidades futuras.
- ☉ ¿Qué tipo de entrada/salida se requieren? Es decir tipo, de aislamiento, fuente de alimentación incluida para entradas/salidas acondicionamiento de señal, etc.
- ☉ ¿Qué capacidad de memoria se necesita? Esto tiene relación con la cantidad de entradas/salidas y la complejidad del programa utilizado.

Un controlador lógico programable PLC, se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de configuración de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos.

Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que su programación básicamente tiene que ver con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los PLC tienen una gran ventaja de que permite modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrar las

conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes.

Lo anterior permite contar con un sistema flexible mediante el cual es posible controlar sistemas muy diversos entre sí, tanto en tipo como en complejidad.

Tomando en cuenta los aspectos anteriores y realizando las proformas entre las casas comerciales de nuestra ciudad se encontró LOGOS en las marcas como Siemens, Telemecanique y otras más. Las cuales tienen diversos costos de acuerdo a la marca tipos de entradas, salidas y otros aspectos.

Cada LOGO trae incluido su propio software, el cual se lo puede agregar a una PC y de ahí se puede realizar aplicaciones y luego transferirlos al LOGO!. El lenguaje de programación tanto del Siemens y Telemecanique utilizan el lenguaje BDF (Diagrama de Bloques de Función), que es un tipo de lenguaje grafico utilizando compuertas lógicas, y otros elementos como temporizadores, contadores, etc. Con la ventaja que el Logo! de telemecanique también se lo puede programar en LADDER (lenguaje de contactos).

Por la necesidad y por costo se utilizó el Zelio Logic! de telemecanique serie SR2 B201BD, que es un logo que tiene 6 entradas de tipo analógico y 6 entradas de tipo digital alimentado con una corriente de 24 VDC, y tiene 8 salidas las cuales se alimentan de forma independiente desde 12 V a 24 VDC, y desde 24 V a 240 VCA Figura.3.5.

La programación del modulo SR2 B201BD se realiza en lenguaje BDF o también en lenguaje Ladder (contactos); dependiendo en este caso del programador; en el PC, una vez que se haya realizado la respectiva instalación del software en este caso Zelio Soft!, aquí se puede programar y simular previamente antes de pasar la aplicación al modulo. Cabe aclarar que en la pantalla del Logo! solo se lo pude hacer en el tipo de lenguaje Ladder, es así que realizada la debida programación que será explicada en forma detallada en el capítulo IV, de esta forma se logra

realizar el encendido de la bomba y la activación de las electroválvulas, y así se logra el riego de manera automática.



Fig.3.5 Modulo Programable Zelio

Fuente: Catalogue Zelio Telemecanique.

3.6 SOFTWARE UTILIZADOS EN LA SUPERVISIÓN.

Un sistema supervisorio adquiere información, lo procesa, lo presenta y transmite a otros niveles y aplicaciones para permitir que el operador pueda actuar sobre el proceso para lograr una operación eficiente.

Los sistemas supervisorios son utilizados en cualquier tipo de empresa de producción y los servicios. En la actualidad están siendo utilizados en diferentes empresas, así tenemos como ejemplo:

- ☉ Empresas de perforación y extracción de petróleo
- ☉ Hoteles
- ☉ En las centrales hidroeléctricas y termoeléctricas.
- ☉ En las plantas de Energía nuclear.

Algunas características de los sistemas supervisorios son:.

- ☉ Acceso rápido a las diferentes páginas.

- ☯ Funcionamiento en diferentes niveles y tipos de actividades.
- ☯ Configuración, manipulación de diferentes esquemas y gráficos, estática y dinámicamente.
- ☯ Amplio tratamiento de alarmas y eventos.
- ☯ Presentación y manipulación de diferentes tipos de registradores.
- ☯ Tratamiento de usuarios.
- ☯ Configuración y ejecución de reportes.
- ☯ Configuración y tratamiento de bases de datos.

Como se ha estado planteando, son diversas las tareas que intervienen en un sistema automatizado, en los diferentes niveles jerárquicos. En los niveles 3 y 4 se encuentran los sistemas supervisorios para el trabajo directo con el operador de la instalación. Aquí es donde llega toda la información y se brinda a otros niveles. En estos niveles las tareas típicas pueden ser:

- ☯ **Adquisición de la información.** Del exterior de autómatas programables, de sistemas de cómputo empotrados, de módulos remotos, instrumentos inteligentes, etc. De la propia máquina de otras aplicaciones por DDE, ActiveX, TCP/IP.
- ☯ **Procesamiento de la información.** Se realiza el procesamiento de la información, entre otros aspectos se realiza, en dependencia del medio de adquisición, validación, conversión a unidades de ingeniería, filtraje, chequeo de alarmas, almacenaje de la información, cálculos de variables, análisis estadísticos, etc. Los resultados pueden almacenarse en formatos de bases de datos standard.
- ☯ **Comunicación con otras aplicaciones.** Se realiza para procesamientos de la información mas específicos, la utilización, la utilización de otros controles y pantallas, etc.
- ☯ **Comunicación con niveles superiores.** La información preparada se brinda a otros niveles para ser utilizadas por otras tareas como análisis técnicos económicos, optimización del proceso, etc.

- ☛ **Comunicación hombre-máquina.** Es la tarea de interface con el operador, la cual puede poseer diferentes pantallas.

Un ejemplo de una estructura de un sistema supervisorio es mostrado en la Figura 3.6.

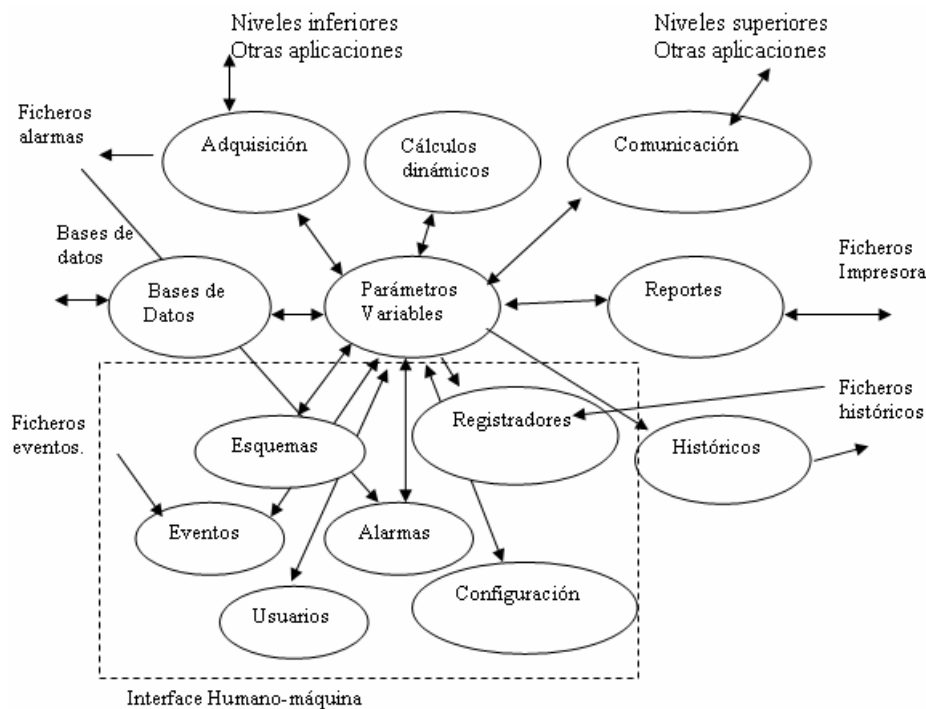


Fig. 3.6 Estructura de un sistema supervisorio

Fuente: **Sistemas Supervisorios.**

3.6.1 PRINCIPALES SISTEMAS EN EL MERCADO.

El sistema supervisor es uno de los dos elementos fundamentales de la estructura de las redes de monitoreo. De los elementos que lo conforman, es el programa de configuración el más importante ya que determina en gran medida el alcance del sistema en cuanto a la posibilidad de medición, control y protección que se puede alcanzar.

A continuación se detallan algunos de ellos.

PROVEEDOR: USDATA

PRODUCTO: Factory Link 7

Esta solución SCADA para recolectar información crítica de los procesos de la planta fue diseñada específicamente para MS Windows 2000 bajo la plataforma multicapa de DNA. Utiliza la tecnología estándar de objetos para la importación de datos externos, con lo que se reduce el costo de propiedad de los sistemas.

Muchas de las funcionalidades típicas en un ambiente de manufactura ya se encuentran preconstruidas y almacenadas en una biblioteca para que el usuario desarrolle aplicaciones en tiempo récord. La recolección y distribución de datos se realiza mediante la tecnología OPC de cliente y servidor, por lo que se le caracteriza como uno de los sistemas de automatización en tiempo real con mayor apertura (sistemas abiertos). Es el sistema que distribuye la firma Schneider como producto para sus autómatas

PROVEEDOR: Advantech**PRODUCTO:** Paradym-31

Provee un ambiente gráfico de programación compatible con MS Windows, que permite construir programas de control en tiempo real, tales como los tradicionales Controladores Lógicos Programables (PLCs).

Utilizado en conjunto con el módulo de control ADAM-5510, este software es capaz de brindar una solución completa de automatización. Por ser compatible con la norma IEC1131-3 se reduce significativamente el costo de programación y entrenamiento. El usuario puede construir sus propias funciones lógicas y generar reportes automatizados especiales.

PROVEEDOR: eMation**PRODUCTO:** WizFactory

Solución completa para información y automatización, combina el control discreto y el continuo con SCADA e internet. Entre sus componentes se encuentra Wizcon para Windows e internet, que es una herramienta poderosa para canalizar información en tiempo real e histórica de la planta. Provee funciones completas de SCADA y HMI, las cuales se pueden también visualizar a través de la red de redes mediante un navegador convencional.

Otro componente es WizPLC, solución que permite emular en cualquier PC el comportamiento lógico de un PLC. Por su parte, WizDCS emula el comportamiento de un DCS en una PC. Finalmente, WizReport facilita la generación de reportes basados en los datos producidos por todas las aplicaciones anteriores.

PROVEEDOR: National Instruments

PRODUCTO: LabView

Ofrece un ambiente de desarrollo gráfico con una metodología muy fácil de dominar por ingenieros y científicos. Con esta herramienta se pueden crear fácilmente interfases de usuario para la instrumentación virtual sin necesidad de elaborar código de programación.

Para especificar las funciones sólo se requiere construir diagramas de bloque. Se tiene acceso a una paleta de controles de la cual se pueden escoger desplegados numéricos, medidores, termómetros, tanques, gráficas, etcétera, e incluirlas en cualquiera de los proyectos de control que se estén diseñando.

Se basa en un modelo de programación de flujo de datos denominado G (gráfico), que libera a los programadores de la rigidez de las arquitecturas basadas en texto. Es también, a decir de NI, el único sistema de programación gráfica que tiene un compilador que genera código optimizado, cuya velocidad de ejecución es comparable al lenguaje C. Los desarrollos contruidos son plenamente compatibles con las normas

VISA, GPIB, VXI y la alianza de sistemas VXI Plug & Play. Para facilitar aún más la operación de este producto se cuenta con la inclusión de una herramienta asistente capaz de detectar automáticamente cualquier instrumento conectado a la computadora, instalando los drivers apropiados y facilitando la comunicación con el instrumento al instante.

Aunque en un principio fue creado para construir instrumentación virtual - osciloscopios, generadores de función, voltímetros, etcétera, gracias a la amplia disponibilidad de tarjetas de adquisición de datos y a la facilidad de construir aplicaciones en un ambiente gráfico, las últimas versiones se han utilizado ampliamente para desarrollar aplicaciones en el control de procesos. Recientemente, NI introdujo la versión de LabView 6, que es la combinación de las funciones tradicionales del producto combinadas con algunas herramientas para el ambiente de internet. Es el caso del LabView Player, un agregado que facilita ejecutar las aplicaciones por la red sin necesidad de contar con el producto LabView completo.

PROVEEDOR: Nematron.

PRODUCTO: HMI/SCADA Paragon

Software poderoso y flexible, permite construir aplicaciones para una completa visualización del operador, MMI, supervisión de control y adquisición de datos (SCADA).

Debido a que las funciones para reparación de errores se encuentran integradas en los módulos de control, HMI y SCADA, todas ellas comparten una sola base de datos, facilitando así la programación y localización de errores. La misma base de datos creada para el sistema de control se usa para configurar entradas y salidas, pantallas de operador, adquisición de datos y otras aplicaciones. Se programa utilizando diagramas de flujo eficientes e intuitivos integrados al popular lenguaje de escalera. Soporta las normas abiertas como OPC, ActiveX,

COM/DCOM, etcétera, e incluye capacidades avanzadas de diagnóstico, por lo que se facilita el mantenimiento y la capacitación del personal técnico.

PROVEEDOR: TA-Engineering Products

PRODUCTO: Aimax

Muy robusto y poderoso en la categoría de MMI, este software opera en la plataforma Microsoft Windows y es capaz de almacenar e integrar datos de múltiples fuentes gracias a la disponibilidad de interfaces para una amplia gama de, PLCs, controladores y dispositivos de entrada/salida. Provee diversas funciones, tales como adquisición de datos, alarmas, gráficas, archivos históricos, etcétera.

Es muy fácil de configurar utilizando interfases estándar de Microsoft Windows basadas en Win32 API y arquitectura de componentes (COM, MFC, OPC). Se cuenta con una librería de cientos de símbolos preconstruidos que facilitan la elaboración de gráficos dinámicos.

Conserva compatibilidad plena con la mayoría de los fabricantes de PLCs (Allen-Bradley, Modicon y Siemens, entre otros) y cuenta con una base de datos relacional propietaria que le proporciona un desempeño mejorado y una gran flexibilidad para el manejo de los datos.

3.6.2 SOFTWARE ELEGIDO.

La selección del *software* esta dirigida primeramente a las necesidades del monitoreo para ello se toma en cuenta algunos aspectos como son:

- ☯ Topología de la red
- ☯ Resultados de diseño
- ☯ Facilidad de obtención del software
- ☯ Posibilidades de ampliación y modificaciones

Entre los softwares anteriormente detallados LabVIEW, resulta ser el más aplicable, confiable y existen facilidades en la confección de pantallas y la comunicación con el operador, y entre ellas se pueden señalar:

- ☯ Controles e indicadores propios del sistema.
- ☯ Decoraciones.
- ☯ Inserción de gráficos realizados en otras aplicaciones.
- ☯ Edición y creación de controles e indicadores.
- ☯ Opciones de instalación (setup).
 - Windows.
 - Ejecución.
- ☯ Funciones de control de VI (instrumento Virtual).

CAPÍTULO IV

PROGRAMACIÓN.

4.1 PROGRAMACIÓN EN ZELIO LOGIC (Logo!)

Zelio Logic se puede programar con el software **Zelio Soft** o mediante la introducción directa (lenguaje de contactos). Zelio Soft le permite programar la aplicación en lenguaje Diagrama de bloques de Función (BDF) o en lenguaje de contactos (Ladder). Para programar mediante el software, es necesario que se haya establecido una conexión con el PC.

Zelio Logic, 2002

Durante el arranque Figura 4.1 **Zelio Soft**, se abrirá la siguiente ventana de presentación:

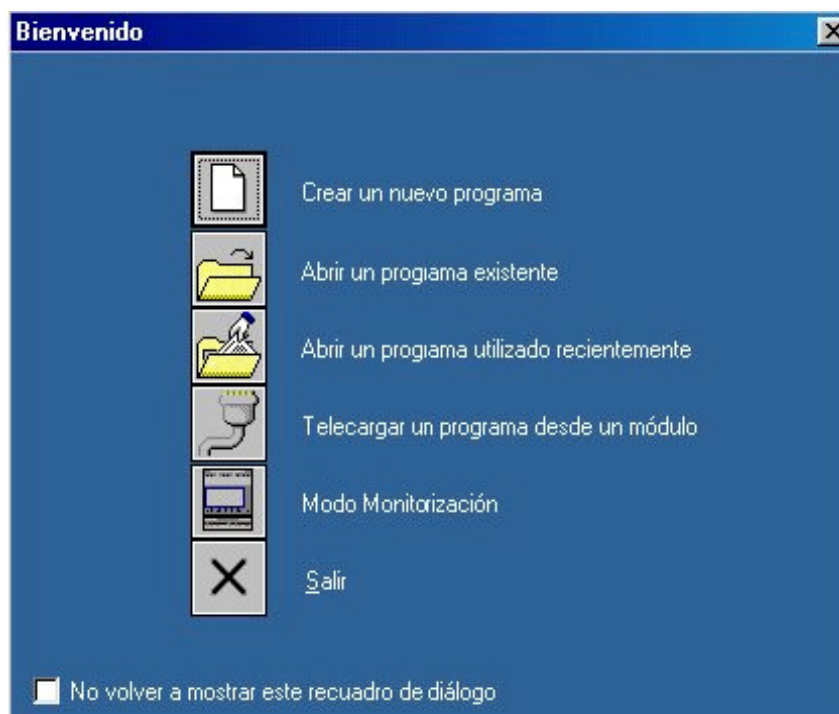


Fig.4.1 Entrada al software Zelio Soft.

Fuente: Zelio Logic.

Haga clic en *Crear un nuevo programa* para arrancar o seleccione *Nuevo* en el menú *Archivo* si ya ha arrancado el software.

Seleccione el módulo *SR2 B201 BD* mediante un clic en la fila correspondiente:

Aparecerá la pantalla de selección del tipo de programación:

El lenguaje de contactos (Ladder) está seleccionado de forma predeterminada. Se debe hacer clic en *Siguiente* para programar en lenguaje Ladder. O en el icono BDF y, a continuación, en *Siguiente* para programar en diagrama de Bloques de Función. (BDF).

4.1.1 LENGUAJE DE CONTACTOS (LADDER)

Zelio Logic se puede programar en lenguaje de contactos. Con este tipo de programación puede desempeñar funciones lógicas combinatorias. Es decir, que podrá programar las aplicaciones con el software Zelio Soft 2 o desde la pantalla y el teclado de programación incorporados.

4.1.2 LENGUAJE BDF (DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIÓN)

Zelio Logic se puede programar en BDF (Diagrama de bloques de funciones), que es un lenguaje gráfico que ofrece numerosas posibilidades.

4.1.2.1 INTRODUCIR UN PROGRAMA EN BDF

Una vez elegido el módulo y el lenguaje BDF, podrá construir la aplicación.

El software le ofrece tres modos: el modo Edición, el modo Simulación y el modo Monitorización (Supervisión).

4.1.2.2 UTILIZACIÓN DEL PROGRAMA.

Cuando se haya introducido el programa en **BDF** o en **LADDER**, puede simularlo y, a continuación, transferirlo:

Una vez que se haya finalizado el programa, se lo puede probar mediante un clic en el icono "S" situado en la parte superior derecha o en el menú

Modo y, a continuación, Simulación. Para iniciar el programa, haga clic en (RUN).

4. 2 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO.

Cuando la aplicación está depurada, se la puede transferir a Zelio Logic desde el PC a través de un cable de datos. Figura 4.2

La programación del sistema de riego siguiente forma:

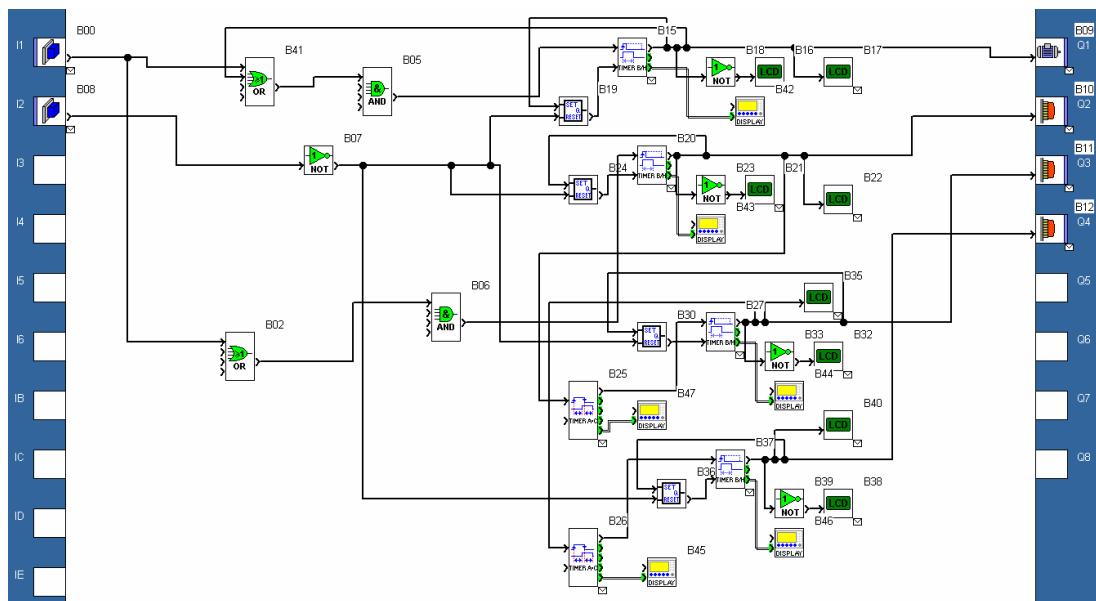


Fig.4.2 Programa que supervisa el riego.

Fuente: Software Zelio Soft.

Como la programación en lenguaje BDF, es el tipo de lenguaje en el que se tiene mayor dominio, se realizó el programa para el riego en este lenguaje el cual utiliza principalmente compuertas lógicas, temporizadores, entradas digitales (DIG), y las respectivas salidas, todos los elementos utilizados se detallan a continuación:

En el panel que se muestra en la Figura. 4.3 podemos observar dos entradas que representan unos pulsadores (I1, I2); La entrada de tipo

Digital (DIG) está disponible en todos los tipos de módulos. Las entradas DIG pueden estar dispuestas en todas las entradas del módulo



Fig.4.3 pulsadores de entrada en modo activo y desactivado

Fuente: Manual Zelio Logic

Cabe decir que este tipo de modulo tiene dos tipos de salidas DIG: Figura 4.4

- ☯ Las salidas estáticas para algunos módulos alimentados con una tensión continua.
- ☯ Las salidas de relé para los módulos alimentados con una tensión alterna o continua.

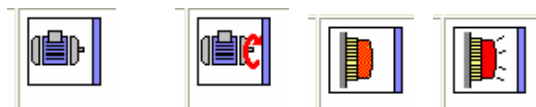






Fig.4.4 Salidas en modo ON-OFF



Fuente: Manual Zelio Logic

También se utilizó bloques de funciones lógicas en los esquemas. Las funciones disponibles son:

- ☯ La función NO.
- ☯ La función Y.
- ☯ La función O.
- ☯ La función NO Y
- ☯ La función NO O.
- ☯ La función O EXCLUSIVO.

Tabla 4.1 Funciones Lógicas y su funcionamiento

Función	Símbolo	Descripción	Número de entradas	Tipo de entrada
NO		<p>Si la entrada está inactiva o desconectada, la salida está activa.</p> <p>Si la entrada está activa, la salida está inactiva.</p>	1	DIG
Y		<p>Si todas las entradas están activas o desconectadas, la salida está activa.</p> <p>Si al menos una entrada está inactiva, la salida está inactiva.</p>	4	DIG
O		<p>Si al menos una entrada está activa, la salida está activa.</p> <p>Si todas las entradas están inactivas o desconectadas, la salida está inactiva.</p>	4	DIG
NO Y		<p>Si al menos una entrada está inactiva, la salida está activa.</p> <p>Si todas las entradas están</p>	4	DIG

		activas o desconectadas, la salida está inactiva		
NO Y		Si todas las entradas están inactivas o desconectadas, la salida está activa. Si al menos una entrada está activa, la salida está inactiva.	4	DIG
O EXCLUSIVO		Si una entrada está inactiva y la otra entrada está activa o desconectada, la salida está activa. Si las dos entradas están activas, inactivas o desconectadas, la salida está inactiva	2	DIG

Fuente: Manual Zelio Logic

Otro elemento utilizado para esta programación es:

Set Reset; Su funcionamiento es el siguiente:

- ☯ La activación de la entrada SET activa la salida y permanecerá así aunque la entrada SET se desactive a continuación.
- ☯ La activación de la entrada RESET desactiva la salida.

Si las dos entradas están activas, el estado de la salida dependerá de la configuración de la función:

- ☯ La salida está activa si está configurada la opción SET Prioritario.

- ☯ La salida está inactiva si está configurada la opción RESET Prioritario.

Las entradas desconectadas se encuentran en estado Inactivo. *Figura.4.5*

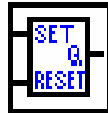


Fig.4.5 Set Reset.

Fuente: Zelio Logic Manual.

La función TIMER B/H Figura. 4.6 crea en el flanco ascendente de la entrada un impulso en la salida.

El tratamiento de la entrada COMANDO conlleva dos tipos de funciones:

Función B_: independientemente de la duración del impulso de comando, la salida permanece activa durante un tiempo configurado.

Función H_: la salida permanece activa transcurrido un tiempo establecido o en el flanco descendente del comando.

La activación de la entrada PUESTA A CERO permite dejar inactiva la salida.

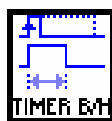


Fig. 4.6 Función Timer B/H

Fuente: Zelio Logic Manual.

La función de temporizador TIMER A/C Figura. 4.7 permite retardar, prolongar y activar acciones durante un tiempo determinado.

El temporizador cuenta con tres funciones:

La función A: retardo en la conexión o temporización de trabajo.

La función C: retardo en la desconexión o temporización de reposo.

La función A/C: combinación de las dos funciones A y C.



Fig. 4.7 Función Timer A/C

Fuente: Zelio Logic Manual.

La función DISPLAY Figura. 4.8 permite visualizar el texto, una fecha, una hora o un valor numérico en la pantalla LCD en lugar de en la pantalla de las ENTRADAS-SALIDAS.

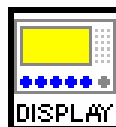


Fig.4.8 Display

Fuente: Zelio Logic Manual.

Realizada la programación en el PC, se puede simular y comprobar que esta funcionando de manera correcta; se puede transferir hacia el modulo lógico (Logo), y, llevarlo a cabo en la forma física con los respectivos elementos como son la bomba, y las electroválvulas, las cuales dan paso para que se realice el riego por nebulización.

4.3 CARACTERÍSTICAS DEL ZELIO SOFT.

Para el normal funcionamiento del modulo Zelio Soft, se debe tomar las medidas provisionales para evitar una accidente, ya sea por una activación repentina del aparato, hacer todas las conexiones a tierra y evitar los cortocircuitos, y se debe comprobar que la conexión con los órganos de control y cumplir las normas de seguridad que están en el catalogo. Zelio Logic, 2003

La forma característica del modulo se observa en la Figura.4.9 y su respectiva ubicación esta representado en el siguiente grafico:

Schneider, 2004

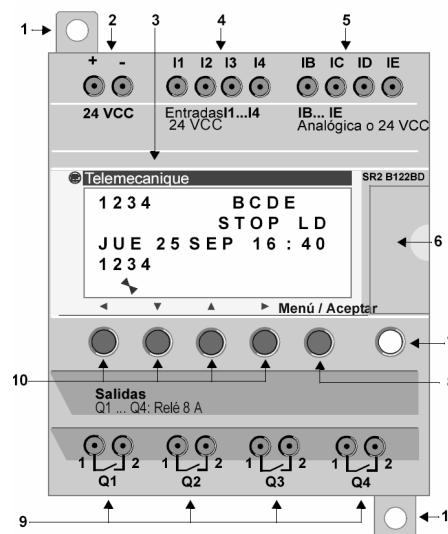


Fig.4.9 Esquema del Modulo.

Fuente: Manual Zelio Logic

La forma de conexión con la red eléctrica se observa en la Figura.4.10 debe hacerse tomando en cuenta las respectivas normas de seguridad.

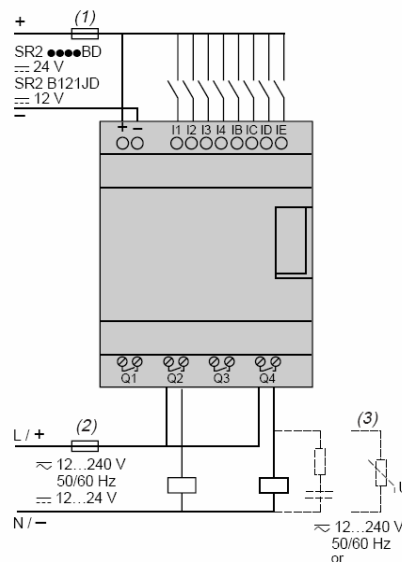


Fig.4.10 Forma de Conexión.

Fuente: Catálogo Zelio Logic, 2003

4.4 INTRODUCCIÓN A LabVIEW.

LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan el *lenguaje C* o *BASIC*. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas en un importante aspecto: los citados lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o *lenguaje G* para crear programas basados en diagramas de bloques. (Cifuentes, 2001).

- ☯ Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- ☯ Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- ☯ Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- ☯ Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- ☯ El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.
- ☯ Tiene la posibilidad de incorporar aplicaciones escritas en otros lenguajes.

Para el empleo de LabVIEW no se requiere gran experiencia en programación, ya que se emplean iconos, términos e ideas familiares a científicos e ingenieros, y se apoya sobre símbolos gráficos en lugar de lenguaje escrito para construir las aplicaciones. Por ello resulta mucho más intuitivo que el resto de lenguajes de programación convencionales.

4.4.1 PANEL FRONTAL

Se trata de la interfaz gráfica del VI (*Instrumento Virtual*), con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal Figura.4.11 está formado por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de ellos puede estar definido como un *control* o un *indicador*. Los primeros sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores se emplean para mostrar los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

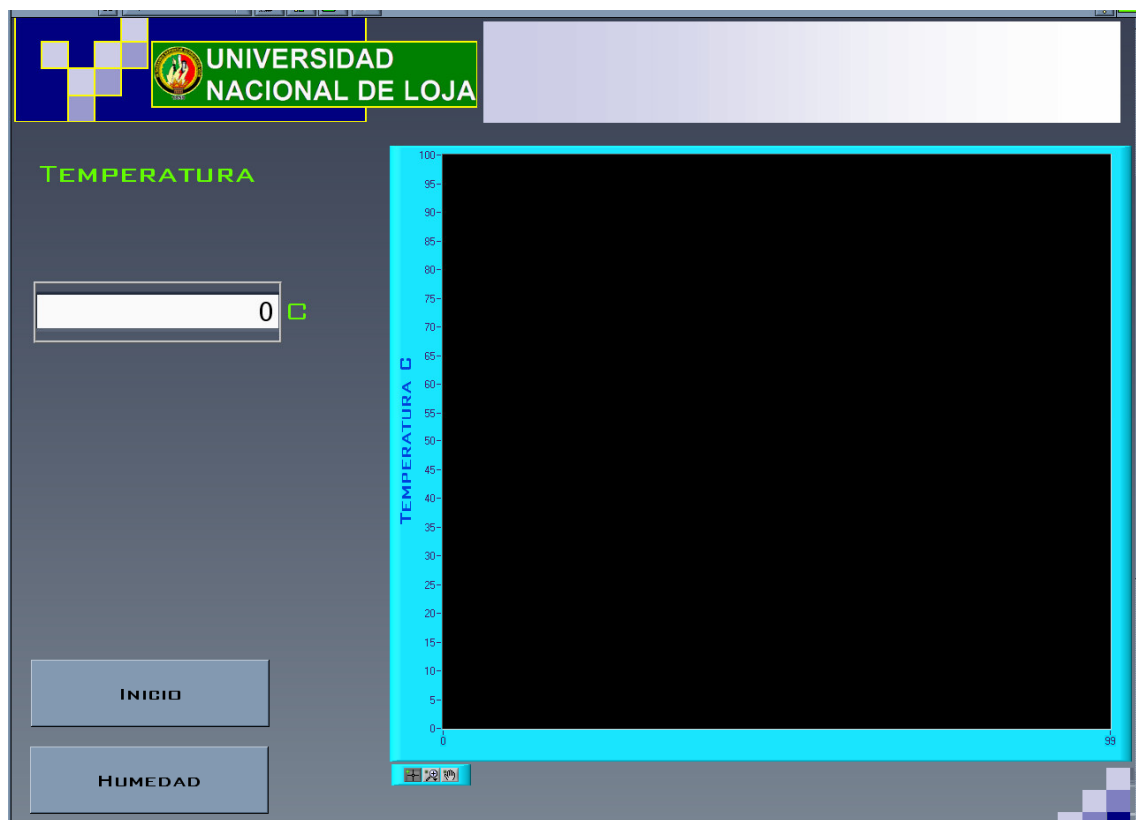


Fig.4.11 Panel Frontal

Fuente: Tomado del software LabVIEW.

4.4.2 DIAGRAMA DE BLOQUES.

El diagrama de bloques Figura. 4.12 constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G (gráfica) las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales.

El diagrama de bloques se lo puede observar en la Figura 12.4 se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos.

LabVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

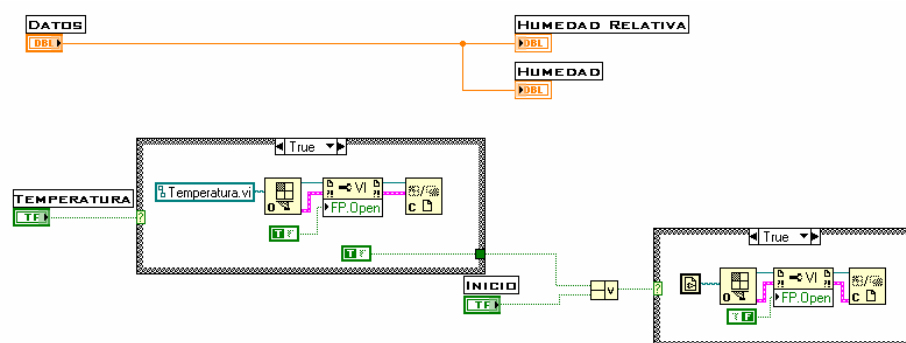


Fig.4.12 Diagrama de Bloques.

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

4.4.3 PALETAS.

LabVIEW tiene gráficas, paletas flotantes que ayudan a crear y ejecutar los VI's. Las tres paletas son **Tools** (herramientas), **Controls** (controles) y **Functions** (funciones). Dichas paletas se pueden ubicar en cualquier lugar de la pantalla.

4.5 PROGRAMACIÓN EN LabVIEW.

Con el entorno gráfico de programación de LabVIEW se comienza a programar a partir del *panel frontal*.

En primer lugar se definirán y seleccionarán Figura.4.13 de la *paleta de controles* todos los *controles* (entradas que debe dar el usuario) e *indicadores* (salidas que se presentarán en la pantalla el VI) que se emplearán para introducir los datos por parte del usuario y presentar en pantalla los resultados.



Fig.4.13 Controles del Panel Frontal de LabVIEW.

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

En el panel de programación se puede diseñar de manera gráfica y como si fuera un diagrama de bloques el funcionamiento de su sistema Figura. 4.14. La programación gráfica se basa en la realización de operaciones mediante la asignación de iconos que representen los datos numéricos e iconos que representan los procedimientos que deben realizar los (VI's), con estos iconos y mediante una conexión simple como lo es una línea recta se enlazan para determinar una operación y/o una función. Al diseñar el programa de forma gráfica, se hace visible una programación orientada al flujo de datos, donde se tiene una interpretación de los datos también de forma gráfica, por ejemplo un dato booleano se caracteriza

por ser una conexión verde, cada tipo de dato se identifica con un color diferente dentro de LabVIEW; también es necesario tener en cuenta que cuando se realiza una conexión a un VI esta conexión se identifica por un tipo de dato específico, que debe coincidir con el tipo de dato de la entrada del VI (aunque esto no necesariamente es cierto ya que puede haber varios tipos de datos conectados de VI a VI, además de que un arreglo de datos ``cluster`` puede albergar varios tipo de variables) permitiendo una concordancia en el flujo de datos; no siempre el tipo de dato de la entrada del VI es el mismo que el de la salida, pero sin embargo para la mayoría de los casos si se cumple.

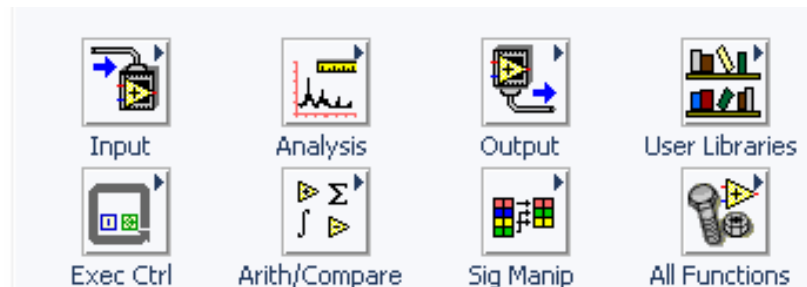


Fig.4.14 Controles del Diagrama de Bloques de LabVIEW.

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

El flujo de datos Figura. 4.15 va de izquierda a derecha en el panel de programación y está determinado por las operaciones o funciones que procesan los datos. Es fácil observar en el panel de programación como se computan los datos en cada parte del programa cuando se realiza una ejecución del programa paso a paso. En LabVIEW las variables se representan mediante una figura tanto en el panel frontal como en el panel de programación, de esta forma se puede observar su respuesta en la interfaz del usuario y en el flujo de datos del código del programa. Otros objetos como gráficas y accesos directos a páginas web cumplen estas mismas condiciones.

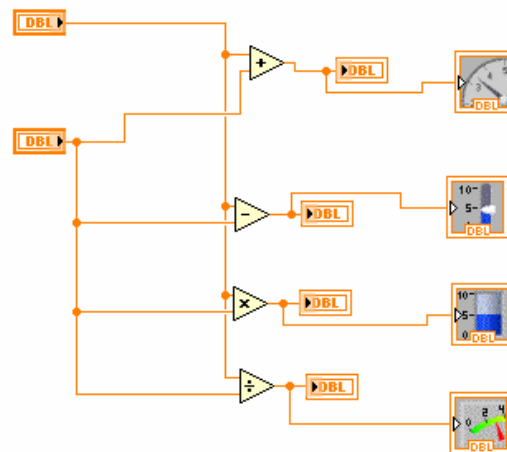


Fig.4.15 Flujo de Datos

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

La programación G de Labview consta de un panel frontal y un panel de código como ya se menciono antes. En el panel frontal es donde se diseña la interface de usuario y se ubican los controles e indicadores. En el panel de código se encuentran las funciones. Cada control que se utiliza en la interfaz tiene una representación en el panel de código, igualmente los indicadores necesarios para entregar la información procesada al usuario tienen un icono que los identifica en el panel de código o de programación. Los controles pueden ser booleanos, numéricos, strings, un arreglo matricial de estos o una combinación de los anteriores; y los indicadores pueden ser como para el caso de controles pero pudiéndolos visualizar como tablas, gráficos en 2D o 3D, browser, entre otros.

Las funciones pueden ser VIs prediseñados y que pueden ser reutilizados en cualquier aplicación, estos bloques funcionales constan de entradas y salidas, igual que en un lenguaje de programación estándar las funciones procesan las entradas y entregan una o varias salidas, estos VI pueden también estar conformados de otros subVIs y así sucesivamente, de esta forma se pueden representar como un árbol genealógico donde un VI se relaciona o depende de varios SubVIs.

LabVIEW tiene VIs de adquisición de datos e imágenes, de comunicaciones, de procesamiento digital de señales, de funciones matemáticas simples, hasta funciones que utilizan otros programas como Matlab o HiQ para resolver problemas, otras mas complejas como "nodos de formula" que se utilizan para la resolución de ecuaciones editando directamente estas como en lenguajes de programación tradicionales y definiendo las entradas y las salidas. Labview también se puede utilizar para graficar en tres dimensiones, en coordenadas polares y cartesianas, tiene disponibles herramientas para análisis de circuitos RF como la Carta de Smith, tiene aplicaciones en manejo de audio y se puede comunicar con la tarjeta de sonido del computador para trabajar conjuntamente. Entre sus muchas funciones especiales se encuentran las de procesamiento de imágenes, como capturar una imagen a través de una tarjeta de adquisición como la PCI-1408 (monocromática), analizarla y entregar respuestas que difícilmente otros sistemas realizarían.

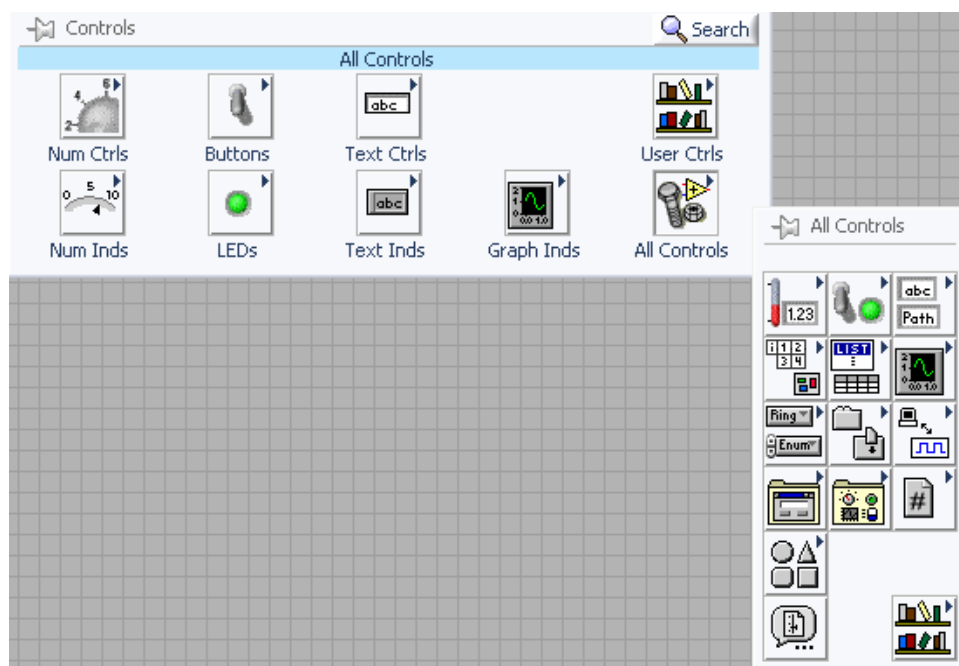


Fig.4.16 Elementos de la paleta de controles.

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

4.5.1 CONCEPTO DE INSTRUMENTO VIRTUAL

A diferencia de un instrumento real, que podemos tener en cualquier laboratorio o planta de procesos, y que queda perfectamente definido por unos mandos de control y unos elementos de representación, un instrumento virtual estará ligado al concepto de software. Este software se ejecutará en un ordenador que tendrá alojado unos elementos hardware concretos, tarjetas de adquisición de datos (analógicos y digitales), tarjetas de interfaz con los buses de instrumentación y unos canales de control también analógicos y digitales.

Nuestro instrumento virtual permitirá manejar ese hardware mediante una interfaz gráfica de usuario (IGU) que se asemejará al panel de mandos de los aparatos habituales (Osciloscopio, multímetro, etc.)

Mediante la representación en pantalla de los elementos gráficos de visualización y control que servirán de interfaz con el usuario, este observará los estados de las entradas seleccionadas en la pantalla e interactuará con las salidas directamente o mediante la ejecución de las rutinas que halla programado. *Moreno, Sánchez, 2005*

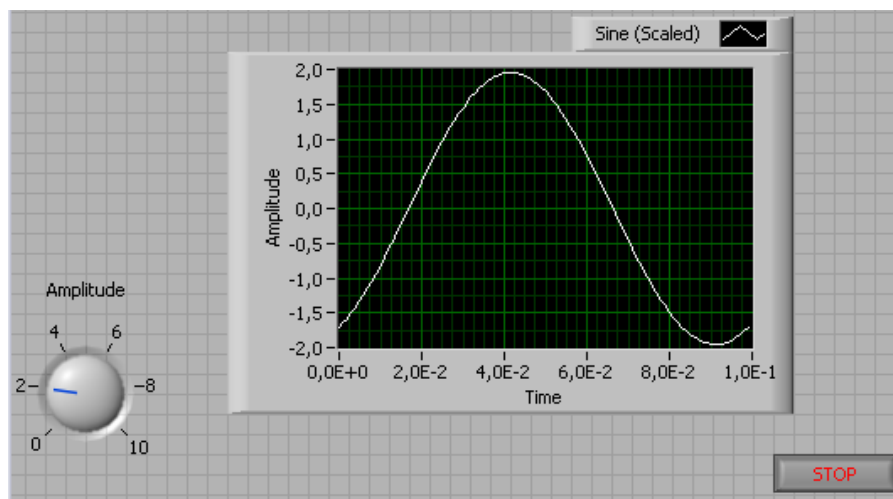


Fig.4.17 Instrumento Virtual de LabVIEW.

Fuente: Tomado del Software LabVIEW.

4.5.2 EJECUCIÓN DE UN VI.

Una vez se ha concluido la programación del VI se debe proceder a su ejecución. Para ello la ventana activa debe ser el *panel frontal* (si se está en la ventana del *diagrama de bloques*, se debe seleccionar la opción *Show Panel* del menú *Windows*).

Para finalizar la ejecución de un programa se puede operar de dos formas. La primera, y la más aconsejable, es emplear un botón en el *panel frontal* del VI, (stop) cuya pulsación produzca la interrupción del bucle de ejecución de la aplicación. La segunda forma de detener la ejecución del VI es pulsando el botón de *pausa* o el de *stop*. La diferencia entre ambos es que si se pulsa *stop*, la ejecución del programa finaliza inmediatamente, mientras que si se pulsa *pausa*, se produce una detención en el funcionamiento del programa, retomándose su ejecución una vez se vuelve a pulsar el mismo botón.

4.6 ARQUITECTURA DEL SISTEMA IMPLEMENTADO.

En fig.4.18 a la tarjeta esta dentro de la computadora. En el caso B, el módulo es externo, con este método, se puede construir sistemas DAQ utilizando computadoras que no tengan ranuras disponibles. La computadora y el modulo DAQ se comunica a través de varios buses, como el puerto paralelo, puerto serial, USB y Ethernet. Este tipo de sistemas son prácticos para adquisición remota de datos y aplicaciones de control. NATIONAL INSTRUMENTS, 2000

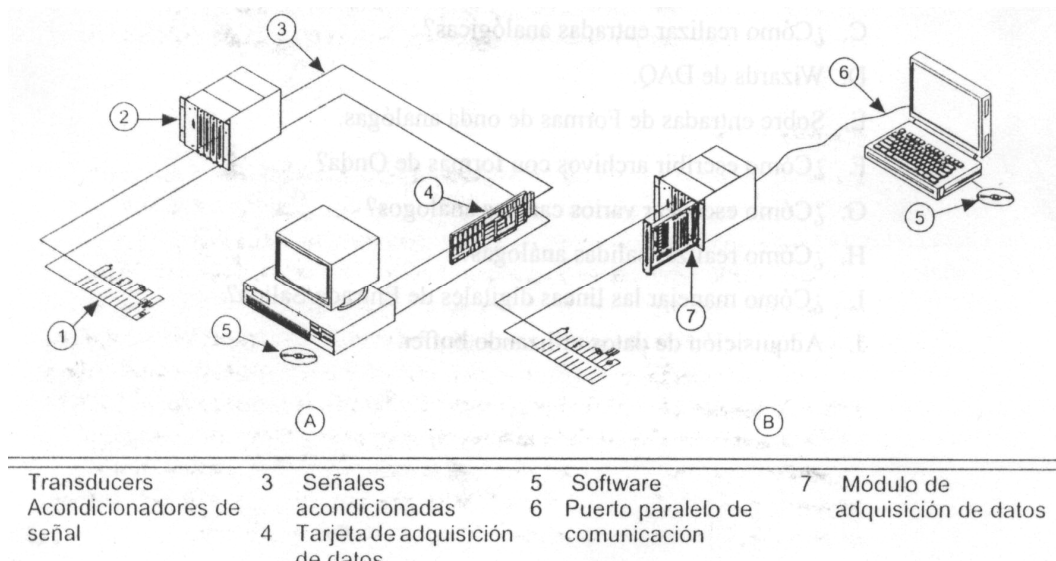


Fig.4.18 Sistemas de Adquisición de Datos

Fuente: Manual LabVIEW básico

La arquitectura de la aplicación que se utilizó, corresponde a un sistema tal como se muestra en la Figura 4.18 B (anterior)

LABVIEW incluye un conjunto de VIs que se pueden configurar para adquirir, enviar y recibir datos de dispositivos DAQ. A diferencia de la mayoría de los instrumentos independientes, no se pueden conectar señales directamente a una tarjeta DAQ. Algún accesorio para acondicionamiento de señales debe ajustar la señal antes que la tarjeta la convierta en información digital.

La computadora recibe un rango de datos a través de los instrumentos de adquisición de datos. La aplicación escrita manipula y presenta los datos de una forma que se puede entender. Los softwares de aplicación, tal como LABVIEW, envían los comandos de control, para adquirir y regresar la lectura de un dato. Antonio, 1997

La tarea fundamental de la tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ); es la medición y la generación de señales físicas del mundo real. Antes de que un sistema basado en computadoras pueda medir una señal física, un sensor o transductor deberá convertir las señales físicas en señales eléctricas, como voltaje o corriente.

Normalmente, las tarjetas insertables DAQ se consideraban como un sistema DAQ completo; sin embargo la tarjeta es solo uno de los componentes del sistema. A diferencia de la mayoría de los instrumentos independientes, no se pueden conectar señales directamente a una tarjeta DAQ. Algún accesorio para acondicionamiento de señales debe acondicionar la señal antes que la tarjeta la convierta en información digital. Finalmente el software controla el sistema adquiriendo datos, analizándolos y presentando los resultados.

4.6.1 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS (DAQ).

El módulo utilizado para implementar el presente sistema de medida es la tarjeta NI-USB 6008, provee conexión con 8 canales de entrada análogos (AI), dos canales de salida análogos (AO), 12 canales de Entradas/Salidas digitales (DIO), y un contador de 32 bits cuando se usa la máxima velocidad de la interfaces USB. Figura. 4.19

En el siguiente diagrama de bloques se puede apreciar los componentes claves del módulo de adquisición de datos. Como podemos ver en la figura el módulo de adquisición de datos tiene dos bloques de terminales, uno para las señales de tipo digitales y otro para las señales de tipo analógicas. Estos bloques proveen 16 conectores, en los cuales se ingresarán las señales a medir. Podemos observar un convertidor analógico-digital de 12 bits para las 8 entradas análogas y dos convertidores digital-analógicos de 12 bits cada uno para las dos salidas analógicas. DAQ 6008-6009

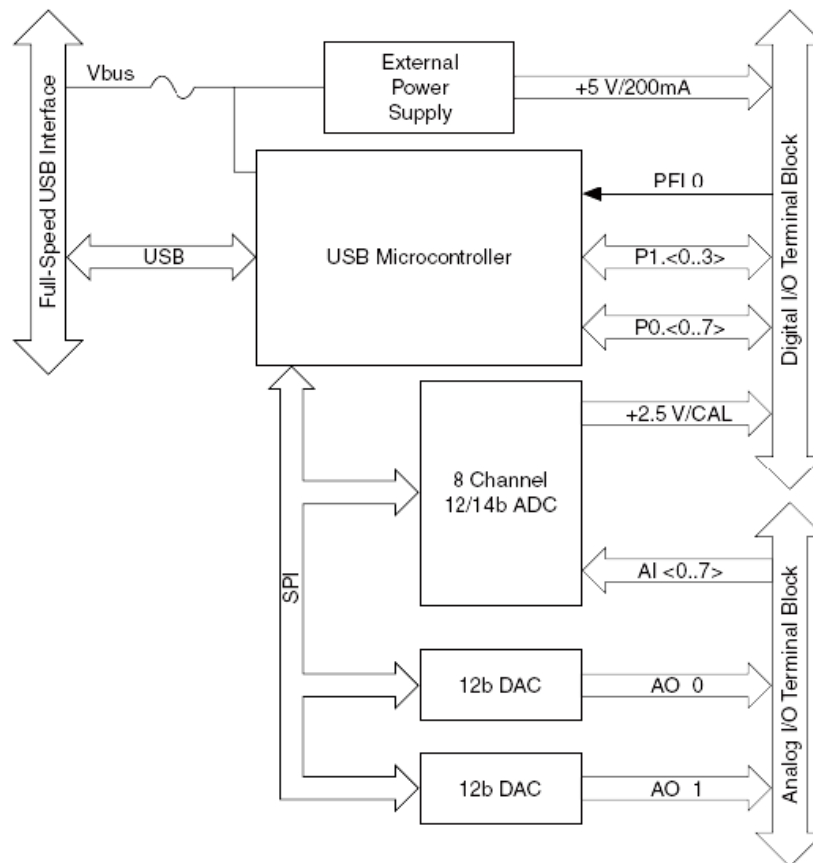


Fig.4.19 Diagrama de bloques USB 6008/6009.de la DAQ

Fuente: Manual de la DAQ

Este es el diagrama principal de la tarjeta de Adquisición de datos (DAQ); en la cual se pueden conectar entradas tanto de tipo analógico, y, se las puede configurar para que se pueda tomar señales tanto del terminal común como diferencial.

Para las entradas digitales el modulo incluye 12 líneas que están distribuidas de la siguiente forma:

P0.<0...7>, y, P1.<0...3> cada una de estas posee un puerto de Entrada/Salida digital. GND es la señal de referencia de tierra para los puertos digitales. Para realizar mediciones analógicas con el módulo de adquisición de datos se debe tener en consideración algunos factores que afectan la calidad de la señal digitalizada: modo, resolución, rango, ganancia, frecuencia de muestreo y ruido.

4.6.2 CONFIGURACION DEL HARDWARE DE ADQUISICION DE DATOS.

Se debe completar varios pasos antes de usar la tarjeta de adquisición de datos. Las tarjetas ya están configuradas para los computadores de esta clase.

4.6.2.1 WINDOWS.

En esta sección describe la configuración para una computadora para PCI o PCMIA o BUS ISA Figura. 4.20. El programa de configuración de LabVIEW, copia los archivos requeridos para DAQ en su computadora. Los VI's de adquisición de datos accesan a los estándares NI-DAQ para Windows 32 bit DLL. NI-DAQ para Windows soporta todos los dispositivos, DAQ y SCXI de Nacional Instruments. El archivo NI-DAQDLL, es la interface de alto nivel para la tarjeta. Este archivo se descarga en el directorio Windows/system. El NI-DAQ realiza la interfaz con el registro de Windows para obtener los parámetros de configuración definidos por Measurement & Automation Explorer. Dado que la librería de configuración es una parte integral de DAQ, se estudia en mayor detalle a continuación.

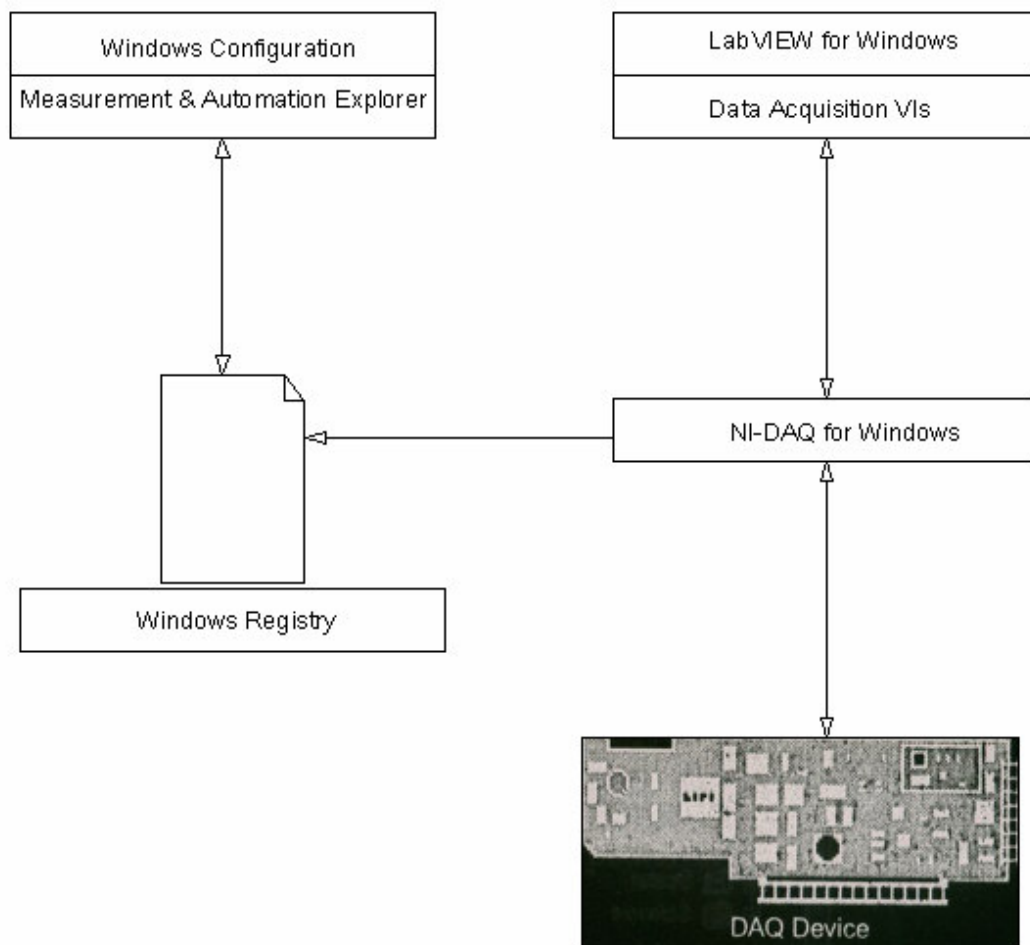


Fig.4.20 Configuración para Windows.

Fuente: LabVIEW Básico Curso I

La administración de configuración de Windows mantiene un registro de todo el hardware instalado en el sistema, incluyendo las tarjetas de National Instruments. Si tiene una parte Plug & Play (PnP), como una tarjeta MIO de la serie E, el administrador de la configuración de Windows automáticamente detectará y configurará la tarjeta. Si tiene una tarjeta que no sea PnP, debe configurar la tarjeta manualmente utilizando la opción Add New Hardware de Windows bajo el panel de control.

LabVIEW básico, 2000

4.7 ADQUISICIÓN DE DATOS

Por medio de la tarjeta de adquisición de datos (DAQ); se obtiene y transforma las señales físicas como voltaje y corriente; los cuales están en función de del fenómeno físico que se desea obtener. El principal uso de los sistemas de adquisición de datos es la medida de señales físicas en tiempo real. Los instrumentos de medida ayudan a adquirir, analizar, comparar y presentar los datos tomados en la computadora.

Una vez que se tiene el valor de los datos se los puede procesar y presentarlos ya sea en reportes a través de tablas, cuadros estadísticos, o en forma gráfica.

El sistema empleado por medio de la tarjeta DAQ USB 6008, se diferencia de otros sistemas utilizados debido a que tarjeta se conecta directamente al bus de la computadora por medio del puerto USB, y el software instalado en la computadora realizará las mediciones, lo que se logra con la tarjeta es transformar la señal adquirida en una señal digital.

La aplicación que se realiza a través de LabVIEW debe controlar la adquisición de los datos, ya que a través de la programación se comanda al instrumento (DAQ), y se puede crear una tarea mas o quitar una de las que se estén leyendo en determinado momento; luego de que se haya realizado la adquisición de los datos se los puede presentar de una forma que sea fácil de comprender.

Los instrumentos de medida de National Instruments incluyen el software controlador NI-DAQ, que son una colección de VIs que se usan para configurar, adquirir y enviar datos desde y hacia un instrumento. NI-DAQ contiene tres tipos de controladores para la adquisición de datos. NI-DAQ tradicional, NI-DAQmx y NI-DAQmx Base, cada uno con su propia interface de programación, hardware y software de configuración.

En el presente trabajo debido a que el sistema ha implementar se realizará con un modulo NI USB-6008 cuyo controlador esta dentro de los

dispositivos NI-DAQmx Base, se tratará sobre como se adquiere y procesa los datos con la ayuda de estos controladores.

En la siguiente fig. 4.21 se muestra la paleta de VIs de NI-DAQmx Base para la adquisición de datos. En esta paleta se tiene acceso a las tareas, escalas, instrumentos, canales, interruptores, con los que se puede configurar el módulo de adquisición de datos. Esta paleta contiene todos los VIs necesarios para poder desarrollar operaciones de entradas y salidas analógicas, entradas y salidas digitales, contadores y temporizadores. Cuenca, Guayasamín; 2006

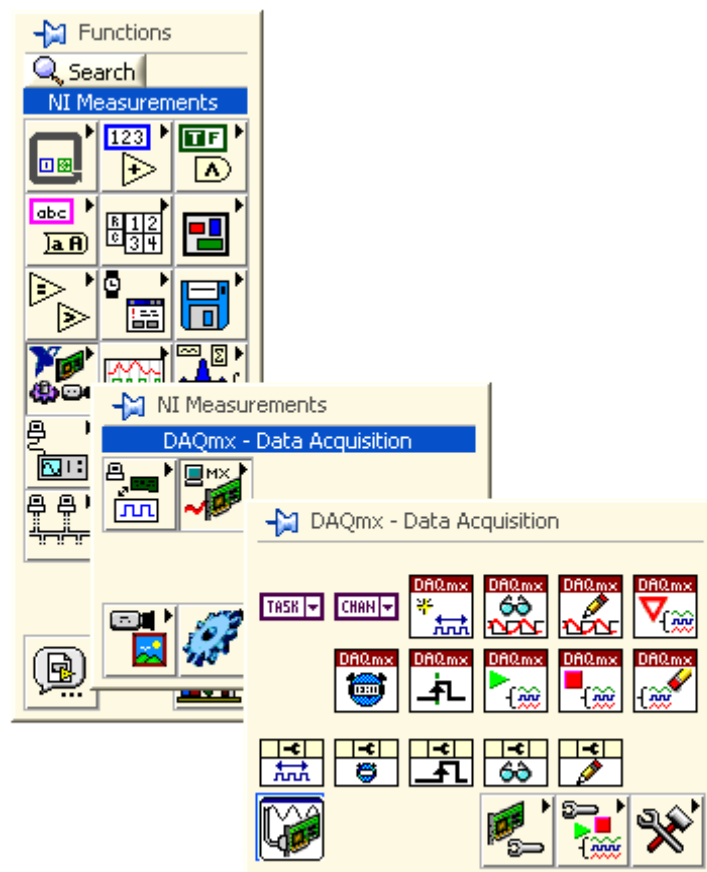


Fig.4.21 VIs NI-DAQmx para módulo USB 6008.

Fuente: LabVIEW Panel de Control.

La adquisición de datos es continua, o en tiempo real, es decir que se regresan los datos de una adquisición en progreso sin interrumpir la adquisición.

Este método involucra un esquema de buffer circular. Como ya se apreció se puede definir el tamaño del buffer al configurar la adquisición. Al comenzar la adquisición, la tarjeta recolecta los datos y los almacena en el buffer. Mientras LabVIEW esta graficando o escribiendo los datos al disco, transfiere los datos del buffer. Cuando el buffer se llena comienza a escribir datos al principio del mismo (sobrescribiendo los datos que fueron almacenados previamente). Este proceso continúa hasta que el sistema adquiere el número especificado de muestras (100 por canal), LabVIEW a través de los VIs limpia la operación.

Para configurar a LabVIEW para que realice adquisición de datos continua y adquiera datos indefinidamente es necesario utilizar el DAQmx Empezar Tarea. Esta adquisición es asíncrona, esto quiere decir que otras operaciones se pueden ejecutar durante la adquisición (Alonso, 1997). Los diagramas de bloque mostrados anteriormente presentan este tipo de arquitectura de buffer circular. DAQmx Empezar tarea inicia la adquisición.

DAQmx Lectura se llama dentro de un ciclo para leer los datos del buffer. Después de esto, se pueden enviar los datos para su procesamiento. DAQmx Terminar Tarea y DAQmx Limpiar Tarea, terminan la adquisición y libera los recursos utilizados por el buffer y por la tarjeta.

De esta forma se obtienen los datos con la tarjeta (DAQ); mediante los VIs contruidos en el software LabVIEW.

CAPÍTULO V

APLICACIÓN.

5.1 SISTEMA DE MEDICIÓN DEL INVERNADERO.

En el capítulo II se hace referencia que se utilizarán sensores, de humedad y de temperatura ubicados en el invernadero. Estos se los colocará en el centro a una altura de 1.70 m desde el piso; desde este lugar se llevará la señal hacia la tarjeta de Adquisición de Datos, y, esta a su vez al computador.

Para realizar el sistema de monitoreo/control, es necesario hacer la configuración de los parámetros y de esta forma poder transmitir la información. Y observarlos en una pantalla de la Figura. 5.1

El proceso comienza cuando los sensores tanto de humedad como de temperatura, los cuales están dentro del invernadero.

Luego de haber sido debidamente configurados y realizar el acondicionamiento de la señal, se procede a conectarlos en forma física con un cable utilizado para timbre; de ahí es llevada la información hasta un computador ubicado a una distancia de 30 m aproximadamente, desde el invernadero, hasta una oficina y en este lugar se analizarán los resultados obtenidos de las mediciones y realizar las acciones de control que sean necesarias, y que el operador crea conveniente.

A continuación se procede a detallar la programación realizada en LabVIEW para que la información que es recogida por los sensores (transductores en este caso), sea debidamente observada en la pantalla del computador. Es por eso que se trata de explicar de la forma más fácil para poder entenderla.

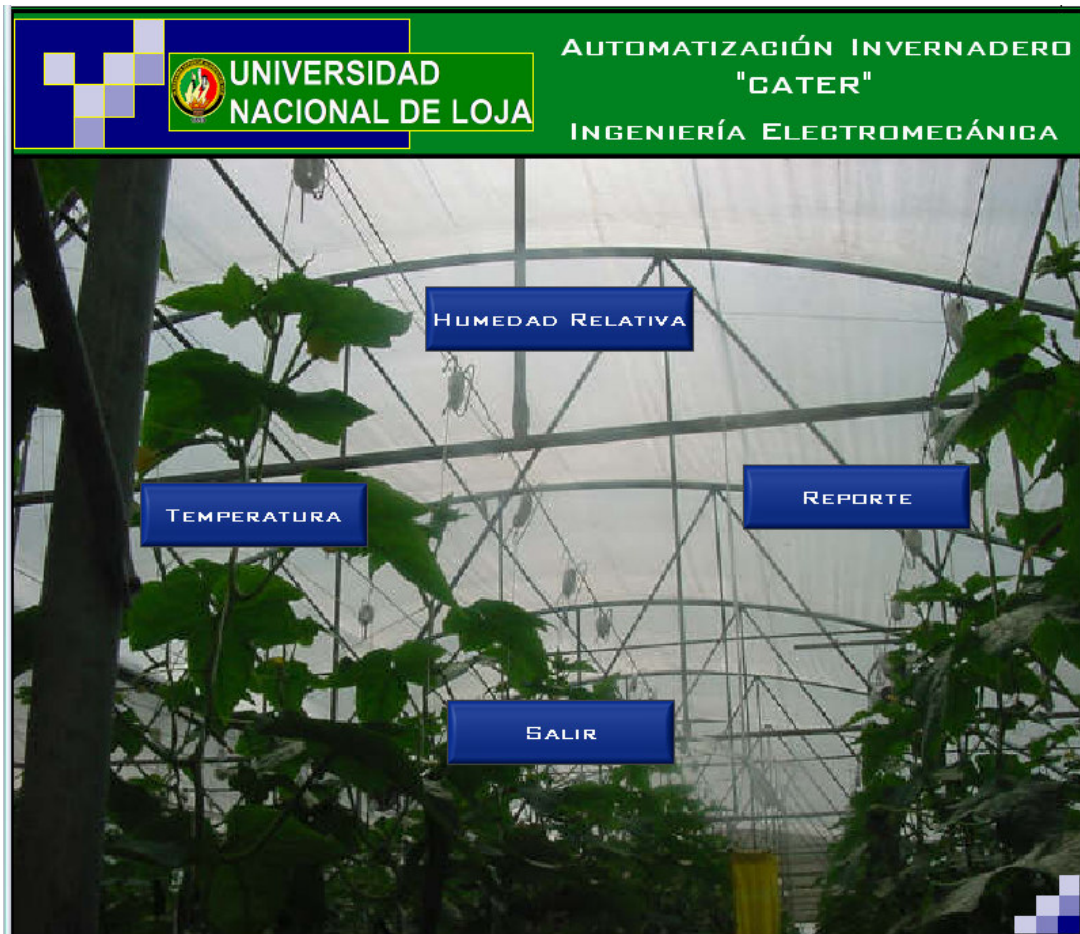


Fig.5.1 Pantalla Principal de la Aplicación.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Esta es la pantalla principal de la aplicación para poder acceder a los datos que están siendo medidos por los sensores; y que a su vez se almacenan en una base de datos. Con este sistema podemos acceder a los datos que se están registrando en el invernadero desde cualquier punto donde exista una red local. Por el momento solo se los puede leer en una sola pantalla debido a que no existen otras redes.

5.2 MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA.

En la Figura.5.2 se puede observar el diagrama de bloques que contiene el algoritmo para la adquisición y procesamiento de la señal. En él se

puede apreciar las etapas necesarias para obtener la medición la temperatura al interior del invernadero.

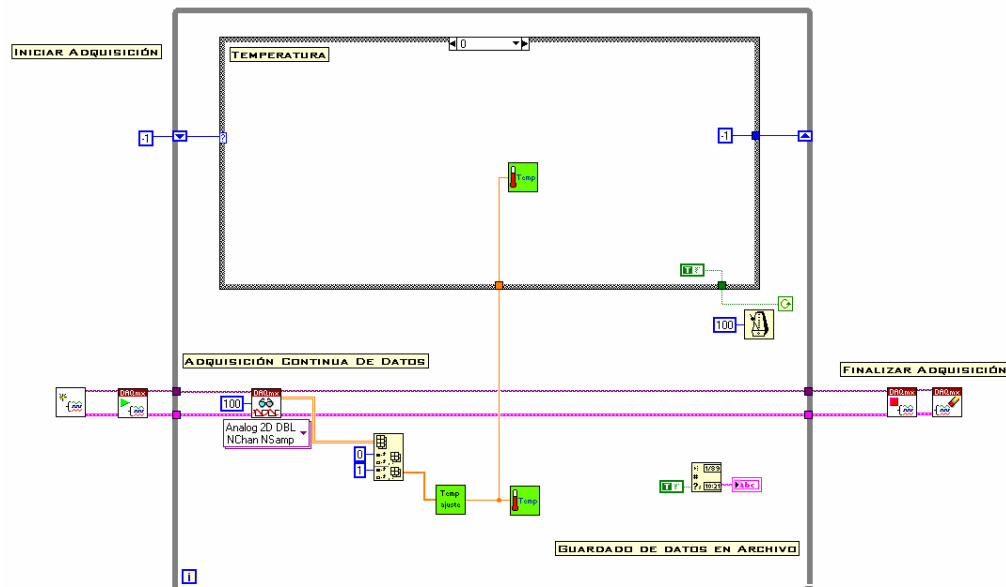


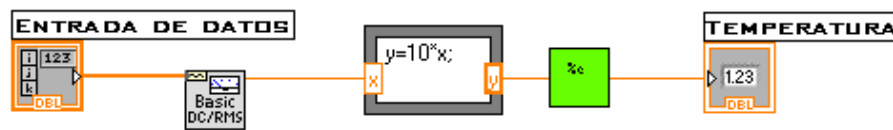
Fig.5.2 Diagrama de Bloques de Temperatura.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Para acceder a los datos recolectados y procesados por el módulo de adquisición de datos DAQ, se debe seleccionar el canal desde el cual que se requiere obtener la información, las señales de entrada ingresan a la aplicación en forma de una matriz de dos dimensiones, la misma que posee los datos de todas las mediciones de los sensores, por esta razón es necesario extraer las señales del canal que posee los datos deseados, en este caso el canal analógico (0)

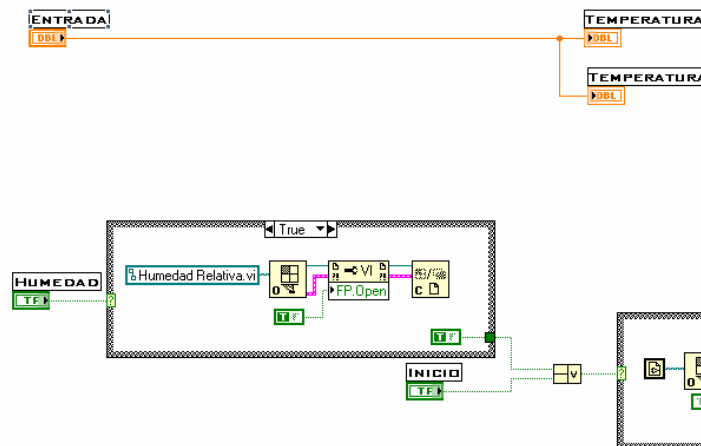
Al realizar esta operación se utiliza el VI denominado Index Array, el cual, de la matriz bidimensional extrae únicamente la información del canal requerido, esta información se obtiene en forma de una matriz de una dimensión.

Pero antes se debe realizar un ajuste Figura.5.3 para ello es necesario realizar un SubVI que se muestra en la figura

**Fig.5.3** Ajuste de Temperatura

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

En la Figura. 5.4 se muestra el VI que nos permite acceder a la pantalla principal de la temperatura.

**Fig.5.4** Acceso a la Pantalla de Temperatura

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

En este VI lo que se hace es poder acceder entre las diferentes pantallas es decir ir alternando entre la pantalla principal y la humedad.

Se tiene la entrada y los indicadores de la temperatura, en la parte inferior se coloca a la humedad la cual ingresa a *Case Structure*, la cual es una estructura de verdadero falso es decir que solo cuando la humedad sea verdadera *true* se mostrara caso contrario será *false* al salir de la estructura ingresa a *Compound Arithmetic* y si es verdadero ingresa a otra estructura de las mismas. Esto significa que cuando este en la

pantalla de la figura podrá alternar a otras dos pantallas la de la aplicación principal **INICIO**, y a la pantalla de Humedad Figura. 5.5.

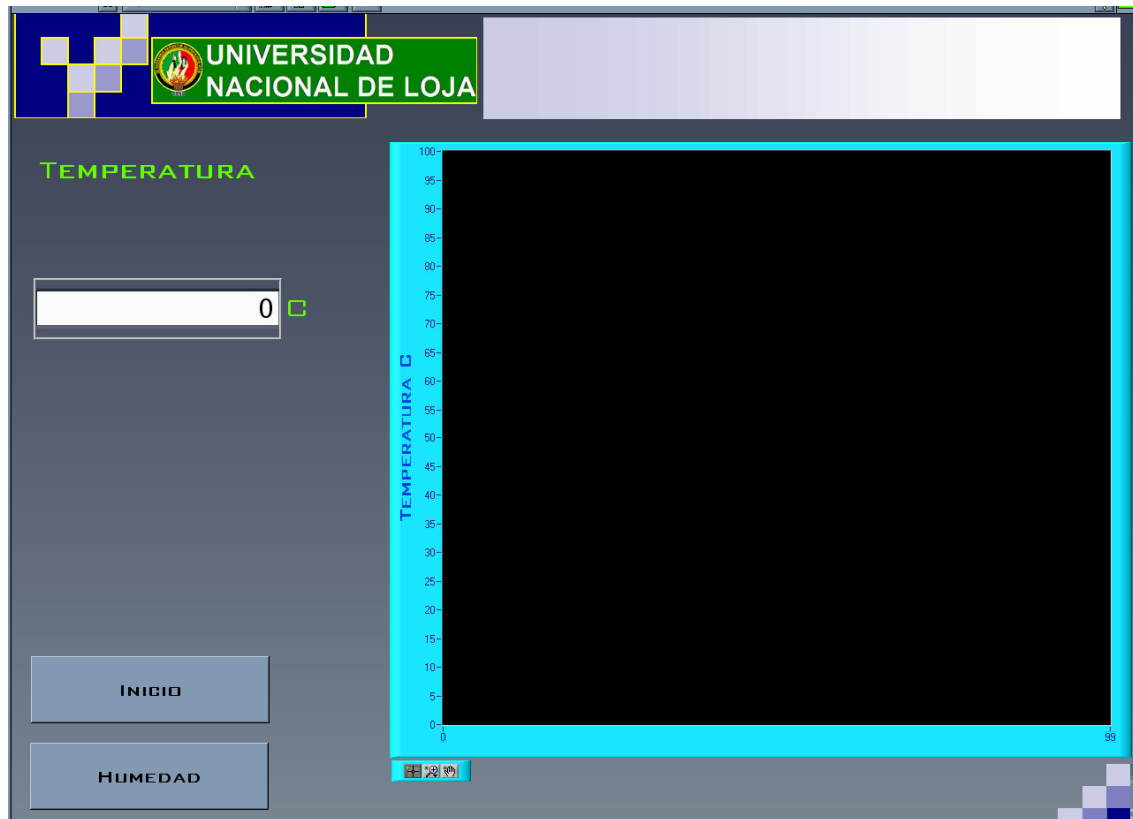


Fig.5.5 Pantalla de la Temperatura.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

5.3 MEDICIÓN DE LA HUMEDAD.

En la Figura.5.6 se muestra el Diagrama de Bloques que contiene el algoritmo y los pasos necesarios utilizados para adquirir la humedad relativa desde el sensor hasta llegar a la tarjeta de Adquisición de Datos a través de la tarjeta de adquisición de datos NIUSB-6008.

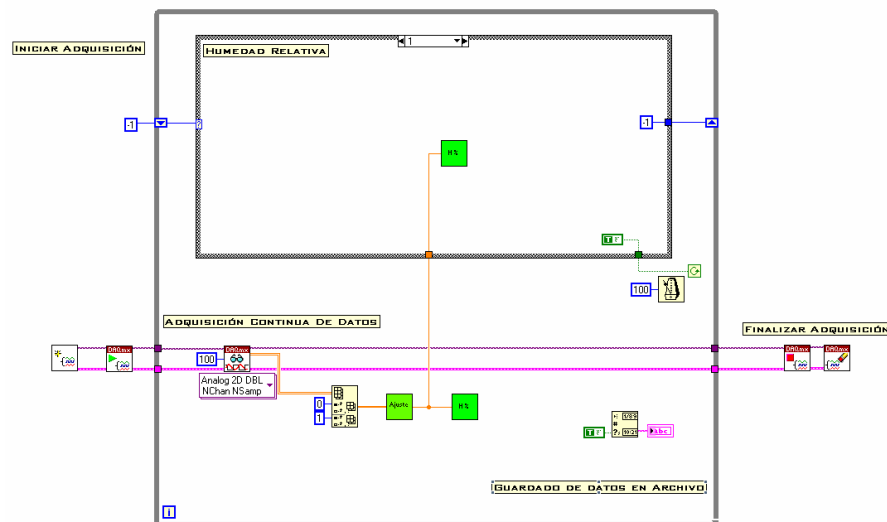


Fig.5.6 Diagrama de Bloques Humedad

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

En este proceso es parecido a lo de la temperatura, es decir se adquiere los datos desde el canal establecido siendo el analógico (1) y, se realiza un ajuste antes de mostrar la humedad que se muestra en la Figura.5.7



Fig.5.7 Ajuste de Humedad.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

En este SubVI se realiza la entrada de datos en una matriz se introduce la señal en un *extract single tone information VI*, luego ingresa a una *fórmula node*, para pasar al error de humedad y finalmente el grafico.

Se muestra también la grafica del diagrama de Bloque que permite realizar la interacción entre las pantallas. Figura.5.8.

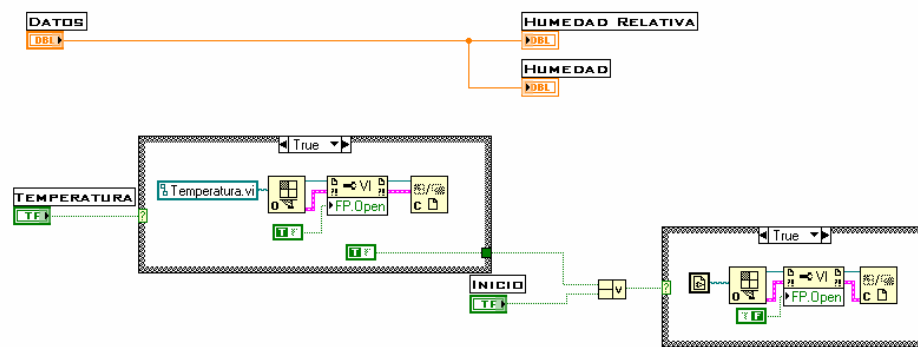


Fig.5.8 Interacción entre las pantallas

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

En la Figura. 5.9 se muestra la pantalla principal de la humedad la cual consta con dos botones que permite la interacción entre la temperatura y la pantalla principal de la aplicación.

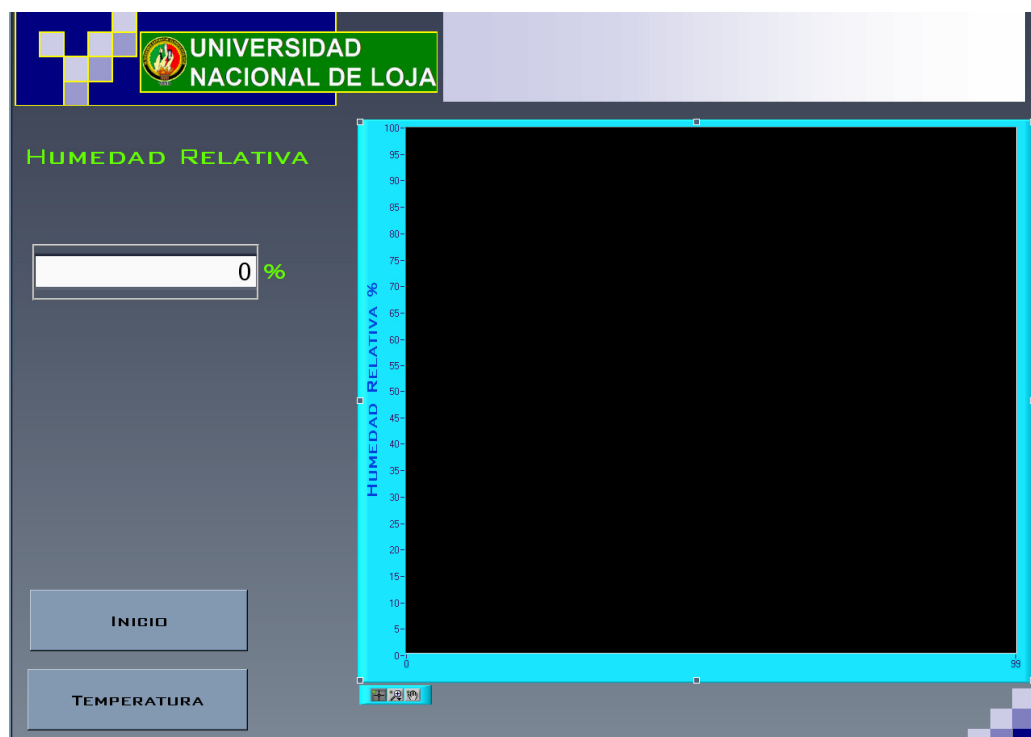


Fig.5.9 Panel Frontal de Humedad

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

5.4 GENERACIÓN DE REPORTES.

Una vez adquiridas las señales analógicas Figura.5.10 por medio de los canales de la tarjeta y luego de haber sido procesadas mediante el software para obtener su valor (temperatura y humedad), se requiere almacenar los datos para análisis inmediatos o posteriores. El diagrama de bloques de *guardado de datos VI* que se lo puede observar en la figura, muestra como se manejan los datos para luego ser almacenados en el disco duro de la PC.

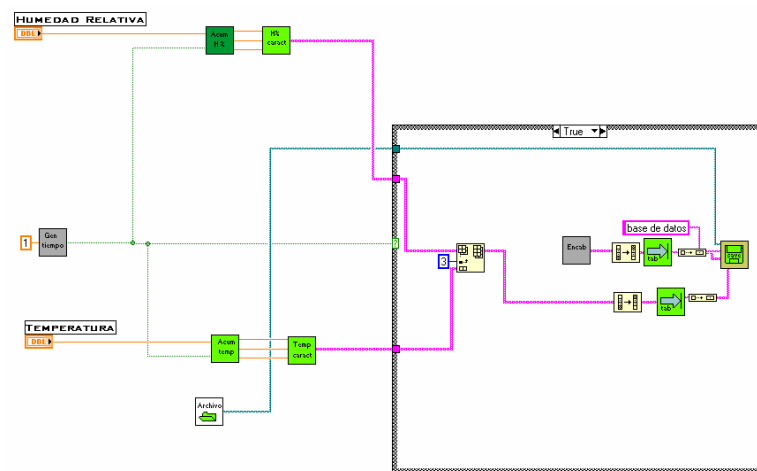


Fig.5.10 Almacenamiento de datos.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Los valores de temperatura y humedad ingresan se acumulan en dos Vis *Acumulación de datos humedad VI* Figura.5.11 y *Acumulación de datos temperatura VI* Figura.5.12 los cuales se observa en las figuras, que los almacena, los transmite de acuerdo al tiempo de guardado.

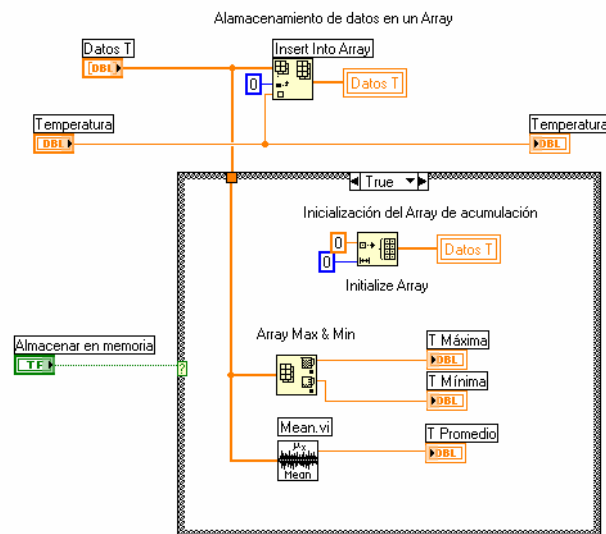


Fig.5.11 Acumulación de datos temperatura.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

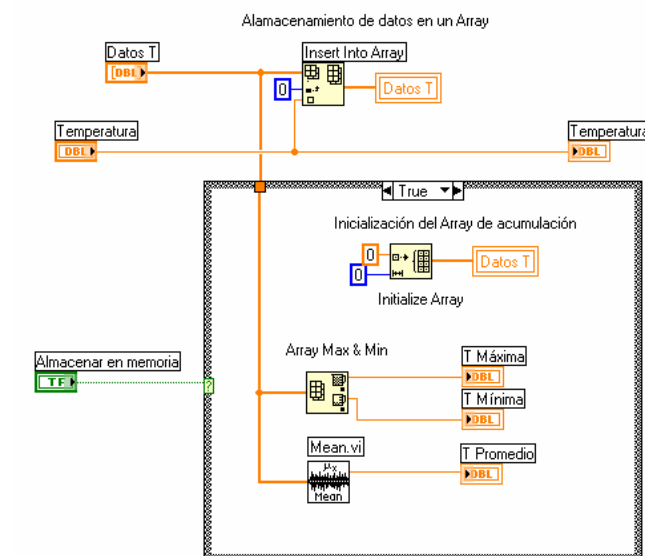


Fig.5.12 Acumulación de datos humedad.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Luego se convierte en una cadena de caracteres, tanto a la temperatura Figura.5.13 como a la humedad Figura.5.14, para luego ser ingresados al fichero en donde finalmente será almacenado. A esta cadena de datos se le añade además una cadena de encabezado, la dirección de almacenamiento en el disco de la computadora y las tabulaciones necesarias. El nombre del archivo que se ha colocado por como Base de datos y la extensión en la que se grabará el fichero es .xls es decir se guardará en una hoja de cálculo que se puede abrir mediante Microsoft Excel.

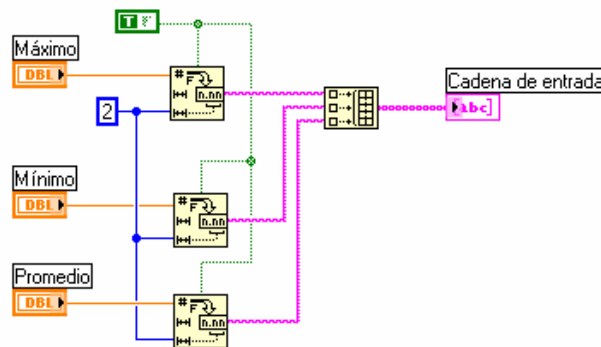


Fig.5.13 Conversión de valores temperatura.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

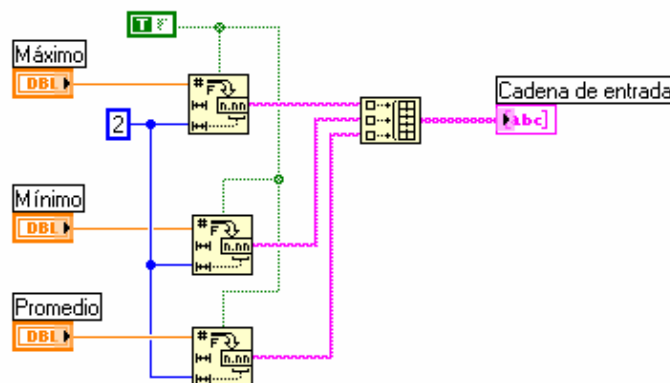


Fig.5.14 Conversión de datos humedad

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Para finalmente llegar al algoritmo de la Figura. 5.15 que permite generar el reporte A través de este VI podemos seleccionar los datos que se desea ver en el reporte. Para ello el operador deberá introducir la hora y la fecha exacta de las mediciones con las que quiere generar el reporte, entonces el VI de selección ingresa al archivo que contiene los datos de las mediciones las compara según la hora y la fecha y extrae los datos requeridos. Para la creación del reporte se utiliza la hoja de cálculo de Excel.

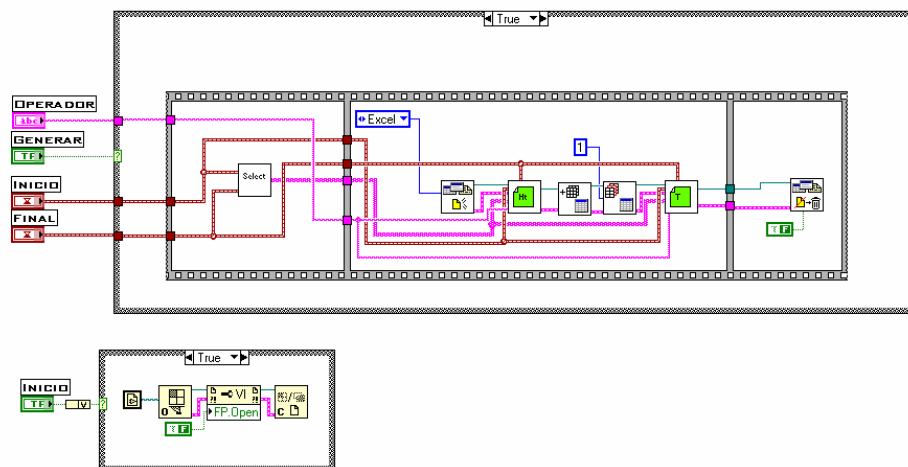


Fig.5.15 Generación de Reportes.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

Finalmente se presenta en la pantalla como se puede ver en la Figura.5.16, Aquí se deberá introducir la fecha en la cual se iniciará el reporte y la fecha en la cual terminará, en una hoja de Excel.

Fig.5.16 Pantalla principal de Reportes.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

La hoja de reporte de Excel se mostrará de la siguiente forma, como se muestra en la siguiente Figura.5.17:

INVERNADERO CATER
Medición de Temperatura

Inicio del Reporte		Fin del Reporte	
05/03/2006	12:38:46	05/03/2006	12:40:00

Datos	Valores
T mín	10.00
T máx	10.00
Promedio	NaN

Temperatura grados C				
Fecha	Hora	máximo	mínimo	promedio

Fig.5.17 Hoja de Reportes Excel.

Fuente: Tomado Software LabVIEW.

CAPÍTULO VI

CRITERIOS

ECONÓMICOS.

6.1 CRITERIOS ECONÓMICOS.

La situación económica actual que vive el país, no es la mejor existiendo gran cantidad de desempleo, y, competencia en el mercado, con costes altos tanto de materia prima como de la mano de obra, siendo una gran alternativa la de impulsar al sector agrícola y tratar de explotar las riquezas de nuestros suelos de una forma racional, tanto del punto de vista económico como tecnológico.

Estos solo serán posible cuando exista un mayor interés de parte de las políticas de estado y se invierta en este campo, haciendo un estudio de las condiciones climáticas y del tipo de suelo y el tipo de cultivo que se puede hacer en determinado lugar, y, de esta forma determinar los parámetros que se deben controlar.

Para conseguir el control climático del invernadero, se debe actuar, sobre dos factores principales que inciden directamente sobre los cultivos, que son temperatura y humedad. Dependiendo del tipo de control y los equipos que se utilicen sobre los factores climáticos antes referidos, y, los costes que tiene cada una, el coste de inversión pueden variar.

6.2 ACCESORIOS.

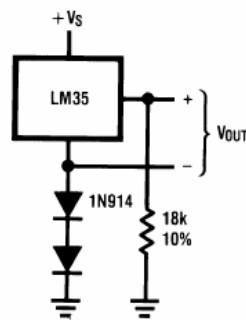
Sensores.

Los sensores utilizados en el presente proyecto son cuatro dos de temperatura, y, dos de humedad relativa.

Los sensores de temperatura son el LM35, que son unos sensores de temperatura con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55° a +150°C.

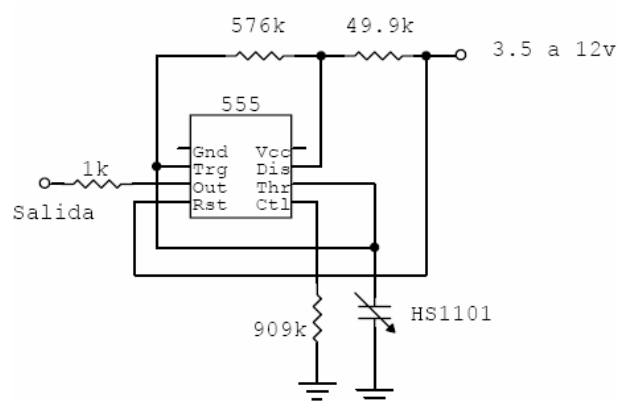
Su salida es lineal y equivale a 10mV/°C por lo tanto:

- ☉ +1500mV = 150°C
- ☉ +250mV = 25°C
- ☉ -550mV = -55°C
- ☉ 3.5 a 5 V(alimentación del circuito en DC, figura)



Los sensores de humedad que se utiliza para la presente aplicación es el HS 1101. Basado en una única célula capacitiva, este sensor de humedad relativa está diseñado para grandes volúmenes y aplicaciones de bajo costo.

Su rango de medición esta de 0 a 100% RH, y su precisión en la medición es de +/-2%, voltaje de operación de 3.5 a 12 VDC (una vez que ya se haya realizado su respectivo según la figura)



El coste de estos sensores es de \$ 44.00 cada uno ya con sus respectivos circuitos impresos.

6.3 COSTOS DEL SISTEMA HUMIDIFICADOR.

Para el sistema humidificador se utilizo lo siguientes accesorios:

- ☉ Bomba Workpump perif QB60 \$ 45. 00
- ☉ Válvulas 3/4" c/solenoide eléctrica Bermad \$ 44.85

- ☉ Nebulizadores Naan roscado \$ 1.94
- ☉ Filtro ARKAL \$ 24

Y con el resto de materiales como son Codos, Tes, manguera de 16mm/25 PSI, terminales, tapones finales válvulas flex, conectores, bujes reductores, neplos, micromanguera 3/8" flex \$ 225.28

El costo de todo este equipo es de \$ 498.67

Para poder realizar la automatización de este sistema es necesario utilizar un LOGO! De Telemecanique modelo SR2 B201BD, y el costo de este equipo es de \$ 222. 00 (con su respectivo software), y ya para su utilización en la instalación, con sus respectivas protecciones, el costo es de \$ 21.88

Es decir que para el sistema humidificador \$ 742.55

6.4 TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

El coste de este equipo es de \$ 215. 00

También se utilizaron otras herramientas como un higrotermómetro \$ 35.00 multímetro digital \$ 38.00, manómetro de 200 PSI \$ 9, además de otros accesorios adicionales, herramientas y materiales \$ 100. 00, y la computadora de nosotros, valorado en unos \$ 1200. 00

Para el montaje de los accesorios en el invernadero se calcula que la mano de obra esta alrededor de \$ 2649.6, es decir por nosotros dos, trabajando 9 horas diarias, a un valor de \$ 0,92 la hora, por alrededor de 160 días aproximadamente.

Por lo que el costo total de la obra estaría por alrededor de los \$ 1765.55.

Costo por Accesorios.			
Accesorios	Cantidad	Valor unit. (\$)	Valor Total (\$)
Sensor Temperatura	2	44.00	88.00
Sensor Humedad	2	44.00	88.00
Bomba	1	45.00	45.00
Válvulas Solenoide	3	44.85	134.55
Nebulizadores Naan	36	1.94	69.84
Filtro Arkal	1	24.00	24.00
Manguera y mas accesorios	-	-	225,28
Logo zelio	1	222.00	222.00
Protección Logo	-	-	21.88
DAQ	1	215.00	215.00
Higrotermómometro	1	35.00	35.00
Multímetro	1	38.00	38.00
Manómetro.	1	9.00	9.00
Herramientas y materiales	-	-	100.00
Computadora	1	1200.00	1200.00
		Valor Total	2491.55

Fig.6.1 Costos por Accesorios.**Fuente:** Elaborado por Autores.

Costo de mano de Obra					
Operario	Cantidad	Horas Lab	Tiempo días	Valor H.	Valor T.
	1	9	160	0.92	1324.8
	1	9	160	0.92	1324.8
Costo total mano de obra					2649.6

Fig.6.2 Costos por Mano de Obra.

Fuente: Elaborado por Autores.

Es decir que el coste total de la obra seria de \$ 5141.15

CONCLUSIONES.

En el presente proyecto de tesis se presenta una aplicación práctica de automatización de un invernadero, y es de ahí que hemos logrado obtener conclusiones positivas, y, también algunas cosas que se podrían hacer en trabajos que se realicen en el futuro. Sin necesidad de haber realizado un gran esfuerzo en lo computacional.

- ☉ Fue necesario obtener la información, recopilar datos intercambiar experiencias, ya sea a través de revistas, manuales, Internet, visitas a diferentes lugares para poder obtener los equipos necesarios para realizar el trabajo.
- ☉ Se ha podido comprobar que en el CATER; no existía ningún tipo de sistema de medición, ni de registro de los factores climáticos en el interior del invernadero ni fuera de él.
- ☉ Se propuso un sistema de monitoreo de la temperatura y la humedad relativa en el interior del invernadero, con unos transductores que permiten obtener la temperatura y humedad en función de un voltaje, luego por medio de una **Tarjeta de Adquisición de Datos**, se puede obtener los datos obtenidos, y, almacenarlos, para poder llevar un registro.
- ☉ Se implementó un sistema de monitoreo mediante el software **LabVIEW**, que nos permite a través de un programa obtener las variables en tiempo real. Además de crear reportes para poder obtener los parámetros climáticos en cualquier momento.
- ☉ La utilización de **LabVIEW**, por ser un lenguaje de programación en forma grafica, es muy interesante, y puede ofrecer varias ventajas, aunque en este trabajo solo se utiliza una pequeña parte de la amplia gama que el programa ofrece.

- ☉ También se implementó un sistema de control del sistema de riego, el cual se realizó a través de un LOGO!, y, la respectiva programación en lenguaje **BDF** (Diagrama de Bloques de Función), que también es un lenguaje de programación gráfica basado en compuertas lógicas principalmente, además de la utilización de válvulas solenoide.
- ☉ La modelación matemática del invernadero solo se expresa hasta una ecuación general, sin llegar a establecer la función de transferencia respectiva.
- ☉ Se obtiene una reducción de costos, puesto que se racionaliza el trabajo, se reduce el tiempo y dinero dedicado al mantenimiento. Además de la necesidad de protección ambiental, seguridad del personal, y, una mejor calidad del producto
- ☉ Se ha podido lograr los objetivos que se plantearon al inicio de la presente investigación.

RECOMENDACIONES.

Las investigaciones en el futuro sobre este tipo de proyectos, deben tratar de optimizar la producción en los invernaderos, existiendo diversas formas de poderlo lograr. El presente trabajo que se ha desarrollado en las instalaciones del invernadero del “CATER”, ha cumplido con la mayoría de las expectativas que en un principio fueron planteadas.

- ☉ Designar personal capacitado para que se encargue del normal funcionamiento de los equipos que fueron instalados, en el invernadero del CATER,
- ☉ Establecer un mantenimiento periódico, ya sea de limpieza como de revisión de las conexiones eléctricas; de tal manera que los equipos instalados puedan funcionar de manera óptima.
- ☉ Realizar una extensión del proyecto; realizando la fertirrigación en los tanques, y de esta forma abonar las plantas que ahí se cultivan. Pero se debe tener cuidado, ya que el uso poco controlado de los fertilizantes puede provocar la salinización del suelo y la contaminación de las aguas por iones nitrogenados y fosfatados. Cuando aumenta los aportes de este elemento, sobrepasando la capacidad de retención del suelo y de asimilación, tanto de los microorganismos como de la cubierta vegetal, los iones nitrogenados son lavados del suelo mediante el agua aportada por el riego o la lluvia arrastrándolos hasta los cursos superficiales y subterráneos de agua. Los fosfatos son también fuente de contaminación de acuíferos.
- ☉ Aumentar al presente trabajo otros puntos de monitoreo tanto de la temperatura, como de la humedad; así como también tratar de

monitorear otros factores climáticos que inciden sobre el desarrollo de las plantas.

- ☉ Controlar otros factores del microclima, como la radiación solar, luminosidad, ventilación, calefacción, CO₂, así como también del abonado.
- ☉ Establecer el riego por la mañana para minimizar la condensación de la superficie de las hojas cuando caiga la tarde, ya que esto podría ser una causa de enfermedades. Y también para evitar una humedad excesiva, asegurándonos de que contamos con una buena ventilación dentro del invernadero.
- ☉ Desarrollar una política de ordenación y un cuidado del paisaje mucho más estrictos que los actuales, ya que el uso intensivo del suelo como el que ha impuesto la agricultura de invernadero, reclama una. Y no solo por compatibilizar con la estética y habitabilidad más elemental, sino por problemas de índole técnico en relación con la salubridad y productividad del propio sistema de cultivo.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Aleaga Francisco; Tesis “DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA SAN FRANCISCO”. Tesis de grado, UNL. 2003
2. Alonso Ricardo, Instrumentación industrial III, 2001
3. Antonio Manuel, LabView, Programación gráfica para el control de Instrumentación, ITP Paraninfo, 1997.
4. Antonio Manuel, Instrumentación Virtual, Adquisición, procesado y análisis de señales, Alfaomega editor, España, 2002.
5. Biblioteca de consulta Encarta 2006, Invernaderos.
6. Bishop Robert H. LabVIEW 7 Express. Student Edition.
7. Bolton W; Mecatrónica; Sistemas de control Electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.. 2da Edición. 1997.
8. Catálogo Zelio Logic, November 2003.
9. Castrillón Perlaza; Modelo de Automatización de invernaderos, 2003
10. Chacón David, supervisión y control de procesos. EUPVG-EPC. 2001-2002
11. Cifuentes Héctor; Tutorial de LabVIEW. 2001
12. Cordero, F. 2004. La modelación y la enseñanza de las matemáticas.
13. Curso Práctico de Electrónica Moderna. 2001

14. Cuenca J y Guayasamín M. Tesis; “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO QUE PERMITA EVALUAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA DE Hospital Regional Isidro Ayora”, Tesis de grado, UNL.2006
15. Fernández, Cálculo de humedad relativa. 1995
16. Gandullo. Fórmulas para el cálculo de HR. 1994
17. Gieck Kurt; Manual de Fórmulas Técnicas, 19ª edición. 1993.
18. Henten, Fórmula para calcular la transpiración de las plantas. 1994
19. Jong, Fórmula para calcular la ventilación en un invernadero. 1990.
20. Koenig E, Iniciación a las redes de comunicación, 1998.
21. Mazukawa Vitor; Sensores y transductores, 1987.
22. Mataix Claudio. Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, 1980
23. Moreno Velasco Ignacio, Sánchez Ortega Pedro L, Introducción a la Instrumentación Virtual. Programación en LabVIEW. Octubre 2005.
24. Mud, Fórmula para cálculo, presión de saturación, 1993
25. Narváez. V. Carlos A Medición Electrónica de la Humedad Relativa. 1996.
26. National Semiconductor. Precision Centigrade Temperature Sensor. LM35. 1995.
27. National Instruments. Manual LabVIEW básico I, Octubre 2000.
28. National Instruments; User Guide NI-USB 6008-6009
29. Plasson; Manual de actualización y perfeccionamiento para docentes. Riego Agrícola, 1997.

30. Prado Roselena, Redes de Telecomunicaciones. Enero 1999.
31. Ramos Fernández C, Automatización de invernaderos mediante sistemas de control distribuidos industriales, 1998.
32. SAGAN, Temperatura y humedad Relativa. 1993.
33. Schneider Electric, Formación Autodidáctica en Zelio Logic.2001
34. Tapia Darwin; Tesis “CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA EN UN INVERNADERO” Tesis de grado, UNL. 2003
35. Valera D.L, Molina F.D, Peña A. Y Gil J., Controles electrónicos en invernaderos, 1995
36. Zelio Logic 2; Manual del Usuario, Enero 2004

PÁGINAS WEB:

37. Página Web:<http://www.agroguias.com.ar/invernaderos.htm>
38. PáginaWeb:http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico.com.
39. Página Web: http://meteosort.com/meteosort/cat/q_d_16.htm.
40. .Página Web: <http://www.euroagro.com>.2001.
41. Pagina Web: <http://www.tecnun.es>.

ANEXO I

INVERNADERO Y SUS CULTIVOS



Lechugas.



Babacos.

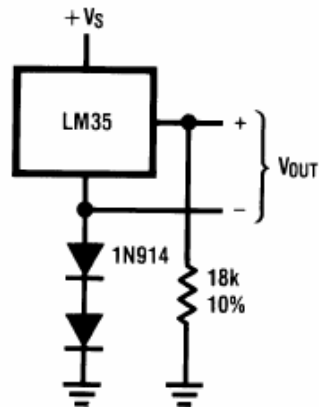


Pitahayas

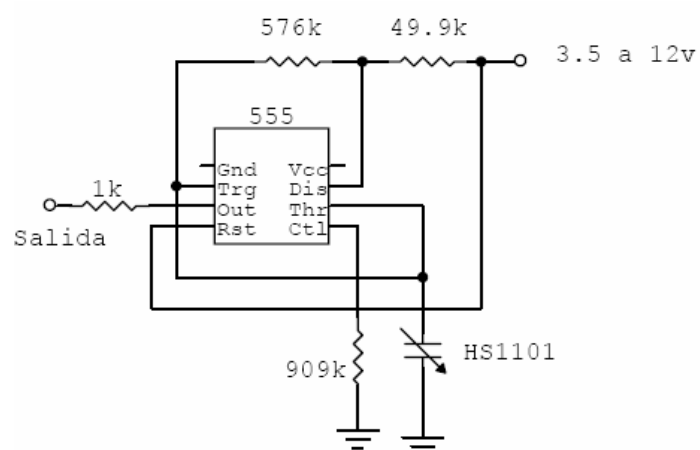


ANEXO II

Circuito para obtener la temperatura con el LM35.

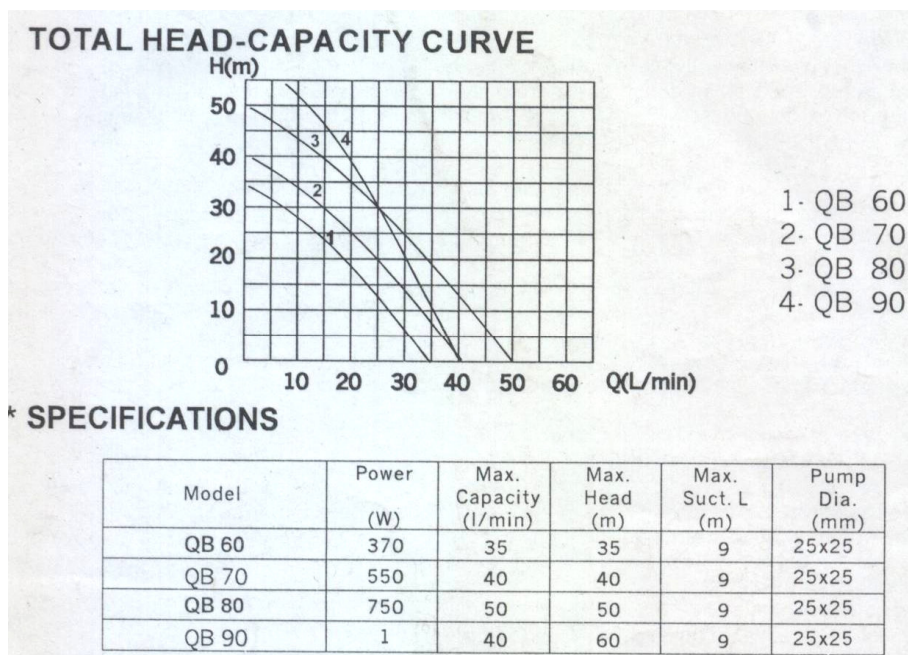


Circuito para obtener la humedad relativa con el HS1101.



ANEXO III

Curva Característica de la Bomba QB60



Fuente: Manual de Bombas Workpump.

ANEXO IV

EQUIPOS UTILIZADOS.

Zelio, DAQ, Higrotermómetro y multímetro.



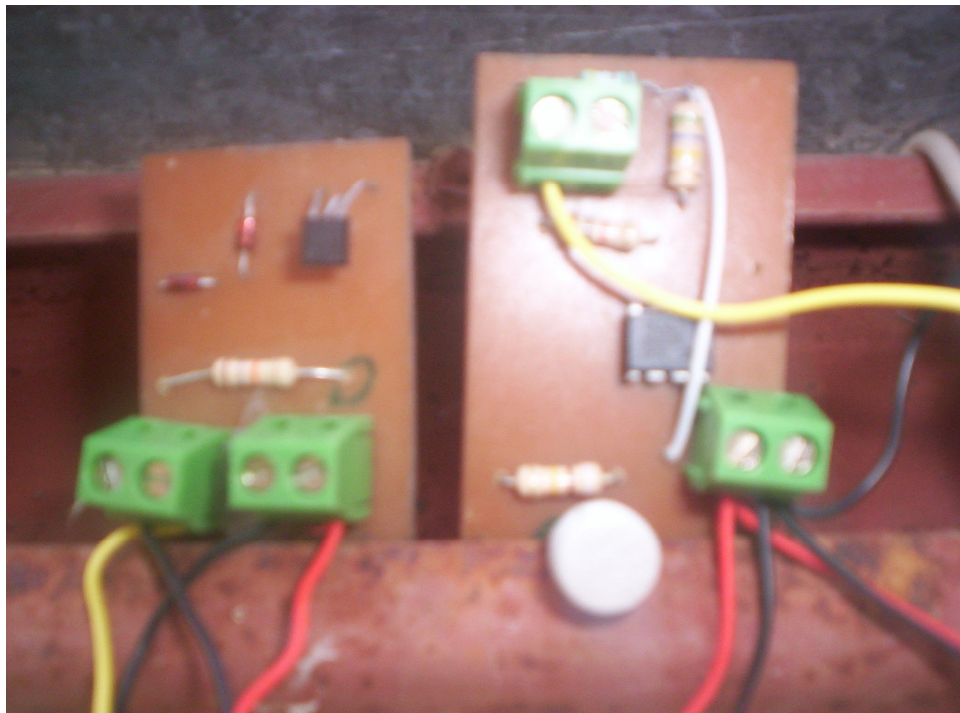
Bomba, Manómetro y Filtro.



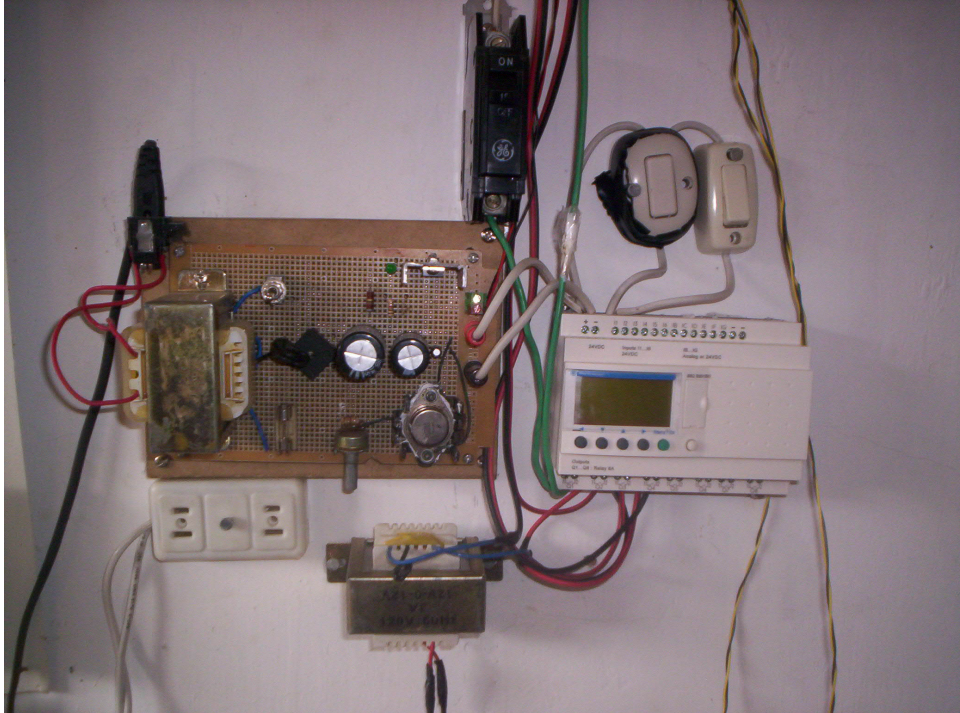
Manómetro



Circuito de los Sensores de Humedad y Temperatura.



LOGO! Y Fuente de CA a CC.



Computadora y DAQ.

