

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

#### **ARTÍCULO CIENTÍFICO**

##### **TEMA:**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA “LA ESPERANZA”**

##### **AUTORES:**

Diego Orlando Erazo Cháfuel  
Vanessa Tatiana Salgado Flores

**Ibarra – Ecuador**

**Noviembre 2014**

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN GALPÓN DE POLLOS DE LA AVÍCOLA “LA ESPERANZA”

Diego Orlando Erazo Cháfuel  
Vanessa Tatiana Salgado Flores  
Carrera de Ingeniería en Mecatrónica,  
Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Imbabura  
diego\_oe@hotmail.es  
vanes\_838@hotmail.com

**Resumen-** El presente trabajo se realizó con la finalidad de mejorar la producción avícola de la granja “La Esperanza”, con fin generar un sistema de ambiente controlado para un galpón de pollos mediante la automatización de la maquinaria dedicada al área de calefacción, ventilación y humidificación; optimizando las condiciones ambientales en las que se desarrollan los pollitos, disminuyendo el índice de mortalidad he incrementado la producción, mediante la utilización de sensores y actuadores en base a un programa diseñado para todo el evento productivo, con valores determinados de temperatura y humedad, de acuerdo al día de producción. Es importante destacar que la ejecución de este proyecto se desarrolla en una producción de 18000 aves.

## I. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN

La producción avícola del Ecuador ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, por lo cual los avicultores buscan métodos que faciliten y mejoren la escala de producción, para esto han implementado nuevas tecnologías como la implementación de sistemas automáticos.

El proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un sistema automatizado para el control de temperatura y humedad dentro del criadero. Con lo cual se planea obtener las condiciones medioambientales ideales para la crianza de aves, mediante la automatización y control electrónico de los diferentes dispositivos que influyen en el proceso de crecimiento del ave.

El sistema de Automatización se instaló en la granja “La Esperanza”, ubicada en el sector de Moronga comunidad perteneciente a la parroquia de Malchiguí, Cantón Pedro Moncayo, Provincia de Pichincha.

### A. OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema que controle la temperatura y los niveles de humedad dentro de un galpón de pollos mediante extracción de aire y calefacción a diésel, mejorando así la producción avícola.

### B. ALCANCE

El proyecto se enfoca en la elaboración de un sistema de control realimentado ON/OFF con histéresis, que permita controlar la temperatura y la humedad en un galpón de pollos durante todo el evento productivo.

Para lo cual se instaló sensores que midan la temperatura, humedad, amoniaco, monóxido y dióxido de carbono, dentro del galpón, dichos datos se enviaran a un controlador lógico

programable PLC, el funcionamiento dependerá de lo censado, para lo cual se accionara el calentador o el sistema de nebulización para cumplir lo recomendado.

Para la visualización y control del proceso se tiene un panel HMI, que le permite al usuario observar los parámetros recomendados (temperatura y humedad), los parámetros actuales dentro del galpón, nivel de combustible y agua, y estado ambiental (niveles de CO, CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>). Además el usuario podrá detener el proceso de control ya sea para realizar un mantenimiento electrónico, reabastecimiento de combustible en el calefactor o en caso de que se quiera limpiar o fumigar el lugar.

Todas las actividades serán registradas mediante la función Datalogin del PLC, la cual almacenara las lecturas de los sensores de temperatura, humedad, nivel de líquidos, y concentración de gases, de modo que al final de la producción tanto el veterinario como el propietario de la granja tengan acceso a estos datos, necesarios para medir la eficiencia del sistema.

## II. DISEÑO Y IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

### A. Especificaciones del sistema de Automatización.

En base a los requerimientos para el control de temperatura, humedad y monitoreo de aire, se procede a realizar un diagrama de bloques con los dispositivos de instrumentación, control, actuación y visualización que se van a utilizar en el proyecto

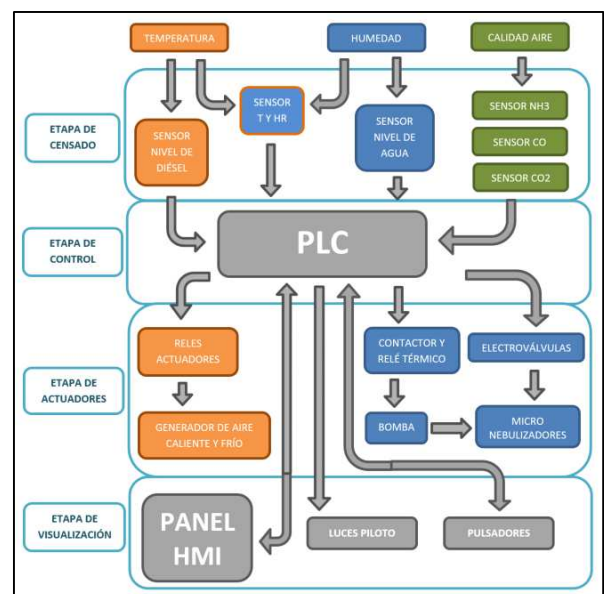


Figura 1.-Diagrama del Sistema de Automatización

## B. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

### Etapa de Censado

Esta etapa cubre los sensores utilizados en la medición de las variables requeridas para el control de los diferentes procesos de temperatura, humedad, y calidad de aire. Los sensores seleccionados vienen calibrados de fábrica y con una salida de voltaje lineal entre 0 a 10V por lo que no es necesario una etapa de linealización.

#### Entradas Analógicas:

- Sensor de Temperatura
- Sensor de Humedad
- Sensor de Nivel
- Sensor de NH3
- Sensor de CO
- Sensor de CO2

### Etapa de Control

Conformada por el controlador lógico programable y sus módulos, se encargan de la recepción de datos medidos por los sensores o los datos provenientes desde la Etapa de visualización y de acuerdo al software de programación controlan la activación de los diferentes actuadores.

### Etapa de Actuadores

Se compone de todos los dispositivos capaces de cambiar las variables de temperatura y humedad mediante su accionamiento. Los relés actuadores permiten activar ya sea el modo de funcionamiento calefacción o ventilación del generador de aire caliente o frío con lo cual se consigue elevar o reducir la temperatura interna de la caseta de producción.

| SENSORES    | DESCRIPCION                  | ACTUADOR                        |
|-------------|------------------------------|---------------------------------|
| TEMPERATURA | Temperatura baja             | Calefactor –<br>Modo Calentador |
|             | Temperatura alta             | Calefactor- Modo<br>Ventilador  |
| HUMEDAD     | Humedad Baja                 | On Bomba<br>On E. Válvulas      |
| AGUA        | Nivel de Agua<br>bajo        | On Sirena                       |
| COMBUSTIBLE | Nivel de<br>Combustible bajo | On Sirena                       |
| NH3         | Niveles altos de<br>NH3      | On Sirena                       |
| CO          | Niveles altos de<br>CO       | On Sirena                       |
| CO2         | Niveles altos de<br>CO2      | On Sirena                       |

### Etapa de Visualización

Para la visualización del estado de los sensores y actuadores se dispone del panel HMI KTP600 junto con las luces piloto y pulsadores del tablero de control, los cuales nos permitirán observar todo lo referente al proceso y configurar o cambiar el estado de los actuadores y otras variables que intervienen en el sistema de control.

## III. SELECCIÓN DE IMPLEMENTOS

### A. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIMATIC S7-1200 CPU 1214C

El controlador SIMATIC S7-1200 representa la solución más versátil, segura e idónea para el control y automatización de cualquier proceso, ya que cuenta con una gama completa de elementos de control y visualización que garantizan total funcionalidad en cualquier campo que se desee implementar.



Figura 2.-PLC Siemens S7-1200

### B. MÓDULO DE SALIDAS DIGITALES SM1222

Los módulos de salidas digitales permiten incrementar el número de salidas digitales del controlador al proceso, sin necesidad de una inversión mayor o un cambio significativo en el programa de usuario.

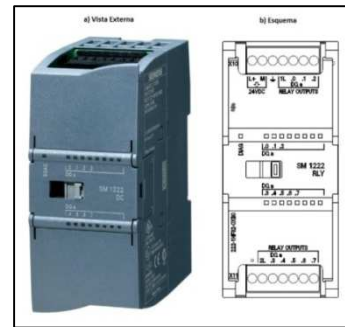


Figura 3.-Módulo de salidas digitales SM1222

### C. MÓDULO DE ENTRADAS ANALÓGICAS SM1231

Los módulos de entradas analógicas permiten incrementar el número de entradas analógicas del proceso al controlador, sin necesidad de una inversión mayor o un cambio significativo en el programa de usuario.

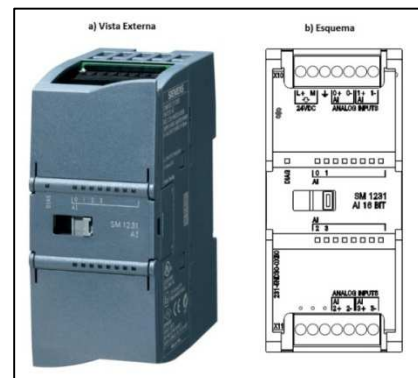


Figura 4.-Módulo de entradas Analógicas SM1231

#### D. SIMATIC HMI BASIC PANEL KTP600 PN COLOR

La mayoría de procesos de control requieren un método de visualización y control que sea compacto y a la vez eficiente. Los Paneles Simatic HMI BASIC son la perfecta solución en aplicaciones básicas y ligeramente avanzadas

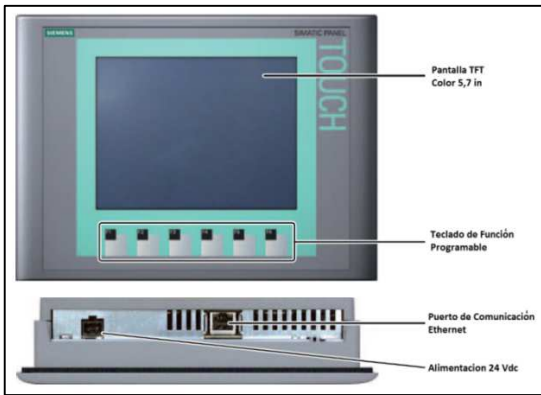


Figura 5.-Panel HMI KTP600 PN Color

#### E. CALEFACTOR ARCOTHERM BIEMMEDUE FARM

Las necesidades térmicas calculadas son de 89104 kcal/h, para elevar la temperatura dentro del galpón a los niveles requeridos. Para lo cual se adquirió un calefactor a diésel, de combustión indirecta con una capacidad calorífica de 90000 kcal/h, el cual puede ser utilizado como calefactor o ventilador mediante un switch. Dicho modelo corresponde al nombre comercial de ARCOTHERM BIEMMEDUE FARM 90M.

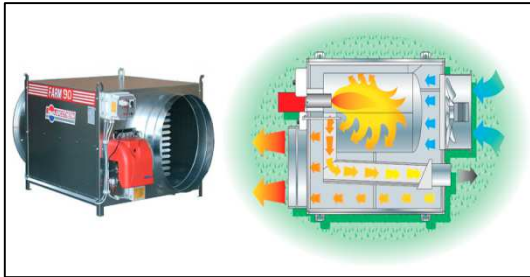


Figura 6.-Calefactor Arcotherm Biemedue Farm 90

##### Modo de Funcionamiento - Calefacción

El conmutador de activación (RV), conmuta la fase (L2) con el Termistor (TA), el cual censa la temperatura, si esta se encuentra por debajo de la temperatura seteada, cierra el contacto activando el quemador de diésel (BR). Una vez que la cámara de combustión alcance suficiente temperatura el Tele ruptor (TM) se activa por el sensor de calor interno, accionando el motor (M) de la turbina de ingreso de aire, el cual se calienta al contacto con la cámara de combustión, generando aire caliente. Los gases de la combustión salen por la chimenea sin hacer contacto con el aire de ingreso.

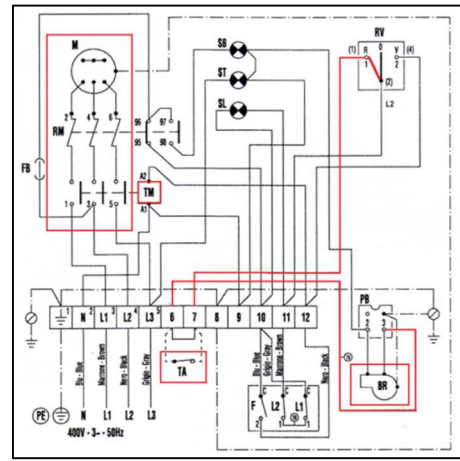


Figura 7.-Diagrama del Sistema de calefacción

##### Modo de Funcionamiento - Ventilación

El conmutador de activación (RV), conmuta la fase (L2) con el tele ruptor (TM) del ventilador, permitiendo activar al motor (M) de la turbina de aire, la cual absorbe aire del exterior para ser enviado al interior del galpón.

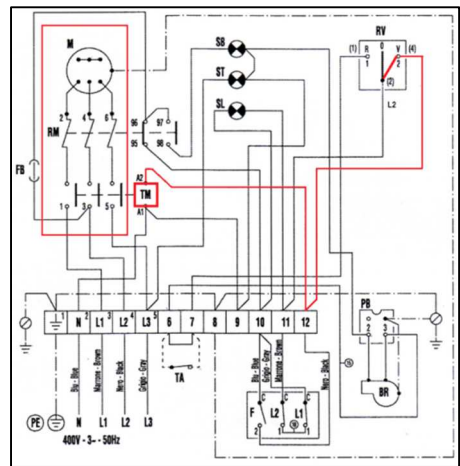


Figura 8.-Diagrama del Sistema de Ventilación

#### F. DISTRIBUCIÓN DE AIRE DENTRO DEL GALPON

La distribución de aire se lo realiza por una tubería 60m de largo con un diámetro de 75cm, fabricada en polietileno de alta resistencia térmica y fácil manipulación. La tubería cuenta con pequeños agujeros de 10 cm de diámetro a los costados de la tubería que permiten la distribución uniforme de aire caliente o frío alrededor de todo el galpón.

La tubería de distribución es enrollable y se puede ir ampliando conforme va avanzando el proceso de crianza. Es decir que para la semana uno se ocupara solo un cuarto del galpón mientras que para la sexta semana se desenrollará completamente la tubería para ocupar todo el gallinero.

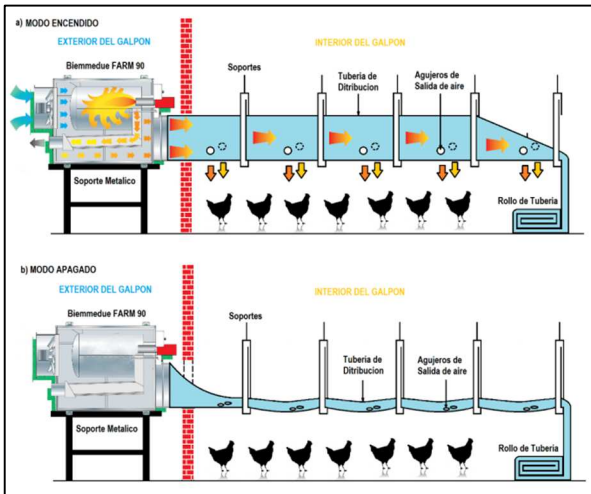


Figura 9.-Funcionamiento Tubería de Distribución de Aire



Figura 10.-Sistema de Calefacción

#### G. SISTEMA DE NEBULIZACION

El uso de micro nebulizadores al interior del galpón incrementa la humedad, que permanentemente se está reduciendo por el efecto del calefactor Biommedue FARM 90, para ello se ha dispuesto 2 líneas de 66 metros con 22 micro nebulizadores

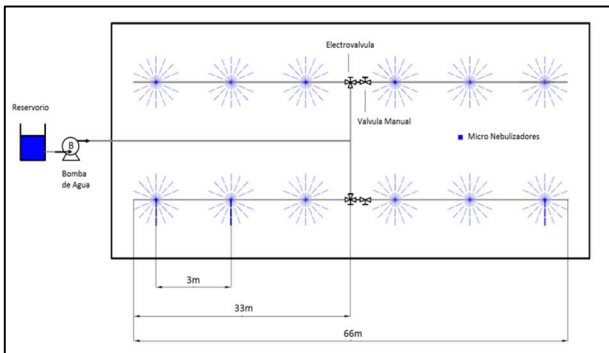


Figura 11.-Esquema del Sistema de Nebulización

Cada nebulizador proporciona rocío de micro partículas de agua alrededor de 1m cada uno. Las válvulas permiten que la presión se mantenga constante con forme se va ampliando el galpón según los días de crianza, es decir que en los primeros días cuando se ocupa la mitad del galpón, solo se habilitan las 2 líneas hasta la mitad de la caceta, para la 3 semana se ocupa completamente el galpón, y se habilita primero la línea izquierda,

y luego la línea derecha, una a la vez. Las válvulas manuales son accionadas por el galponero según se vaya ampliando el espacio de crianza.



Figura 12.-Sistema de Nebulización

## IV. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

### A. DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL

El tablero de control cuenta con una interfaz de usuario simple e intuitivo que permite visualizar los parámetros controlados y facilita al usuario la manipulación del sistema, permitiéndole configurar ciertas variables del programa de control, dándole la libertad de ejercer un control manual sobre los componentes del sistema.



- |                                       |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| 1.- Luz Piloto de Encendido           | 6.- Pulsador de Apagado          |
| 2.- Luz Piloto de Apagado             | 7.- Paro de Emergencia           |
| 3.- Luz Piloto de Calefacción Activa  | 8.- Panel HMI Simatic KTP600     |
| 4.- Luz Piloto de Nebulización Activa | 9.- Switch On/Off Simatic KTP600 |
| 5.- Pulsador de Encendido             |                                  |

Figura 13.-Tablero de Control- Vista Frontal

El tablero de control contiene todos los componentes electrónicos del sistema de control, como el PLC (Controlador Lógico Programable), el Panel HMI (Interfaz Humano Máquina), fuentes de alimentación, relés actuadores, contactor, relé térmico y protecciones contra cortocircuito.

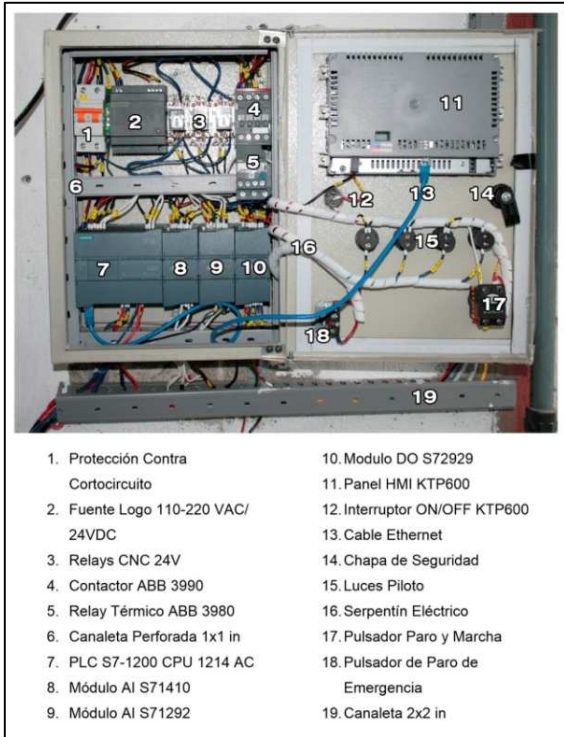


Figura 14.-Tablero de Control - Vista Interior

### B. SISTEMA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

Los sensores de Temperatura y Humedad AOSONG AQ3010Y, son pre calibrados de fábrica, poseen un display, y tienen un rango de medición de temperatura seleccionable de 0 a 50 C°, -20 a 80 C° y -40 a 60 C° y de humedad de 0 a 95 %, cada una con salida de 0 a 10 V.

Una vez conocido las variables a utilizar para la programación se instaló los sensores al inicio y final del galpón, los cuales envían al PLC una temperatura promedio de toda el área destinada a la crianza.



Figura 15.-Sensor de Temperatura y Humedad

### C. SISTEMA DE NIVEL DE AGUA Y DIÉSEL

Los sensores fueron ubicados en la parte superior de los tanques tanto del agua como del diésel estos sensores son ultrasónicos los rangos de medición son de 15cm a 2m, la salida es de 0 – 10 v y poseen un ángulo de cono ultrasónico de 5°.



Figura 16.-Sensores de Nivel de Líquidos

### D. SISTEMA DE MONITOREO DE GASES

Los sensores de Monóxido y Dióxido de Carbono estarán apuntando hacia la manga de distribución de aire con el fin de detectar anomalías en el funcionamiento del calefactor, mientras que el sensor de amoníaco estará dirigido hacia la abajo directo sobre la gallinaza del galpón, de este modo se garantiza una correcta medición de los gases antes mencionados.

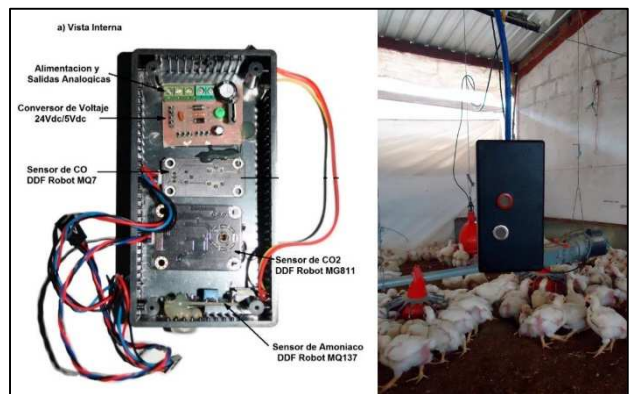


Figura 17.-Sensores de Nivel de Gases

## V. ELABORACION DE LA PROGRAMACIÓN

El software TIA PORTAL V11 es un nuevo concepto implementado por Siemens, reúne todos los conceptos necesarios para la programación de la mayoría de instrumentos fabricados por Siemens desde Controladores Lógicos Programables, Variadores de Frecuencia, Dispositivos HMI, Módulos de Expansión y Módulos de Comunicaciones.

### A. MODULO STEP 7 PROFESSIONAL

El Módulo Step 7 Professional de Tia Portal V13, permite la programación de los Controladores Siemens, cuenta con un potente conjunto de herramientas de configuración, diagnóstico, programación y simulación.

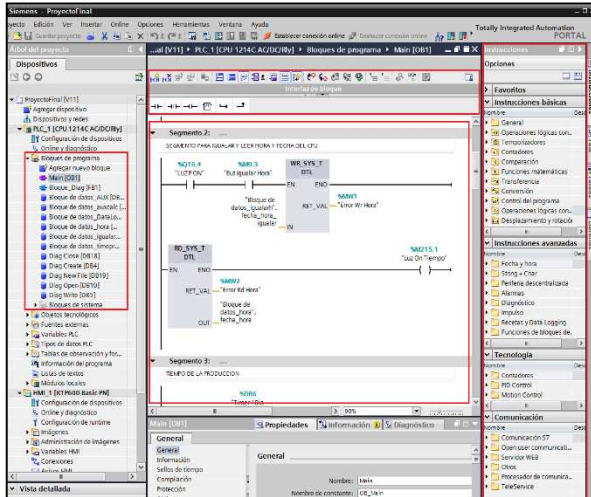


Figura 18.-Interfaz WinCC Professional y Asignación de Imágenes

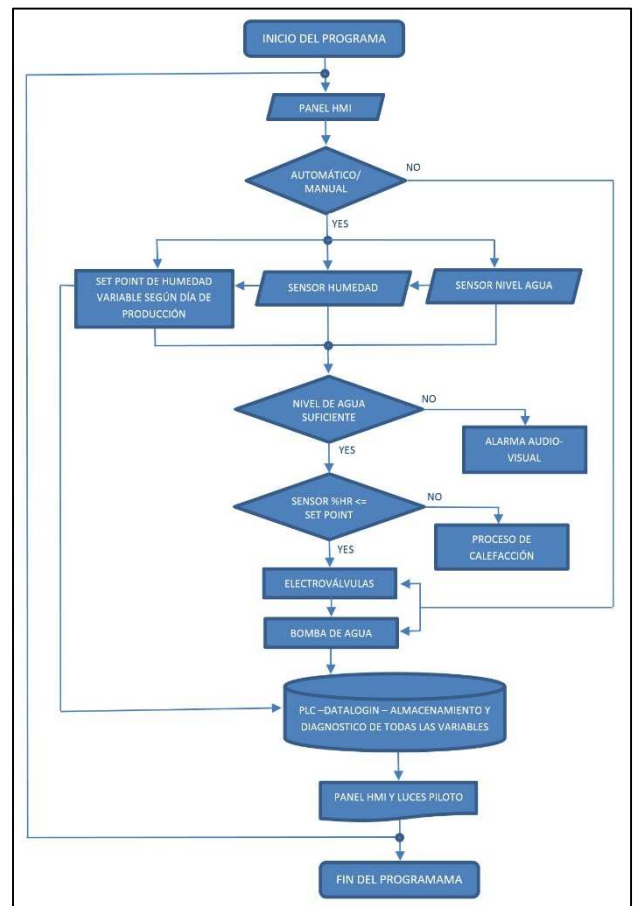


Figura 20.-Flujograma Proceso de Nebulización

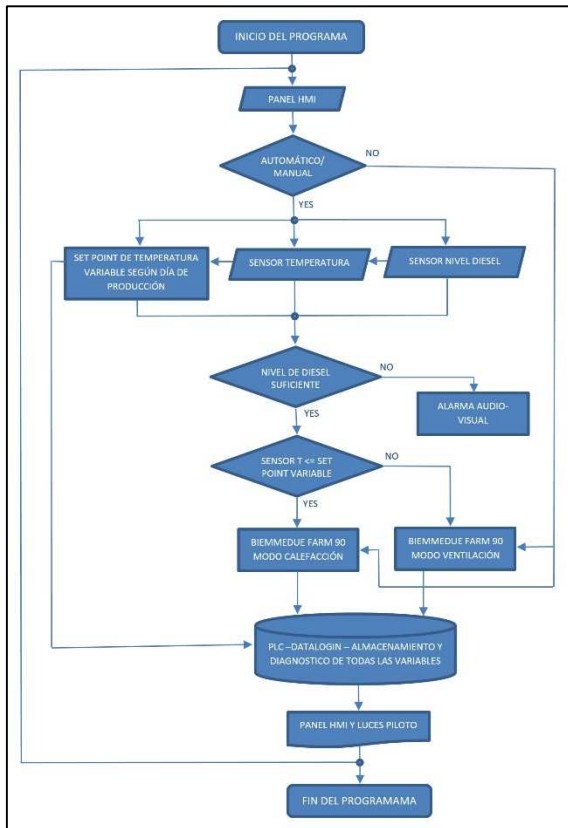


Figura 19.- Flujograma del Proceso de Calefacción

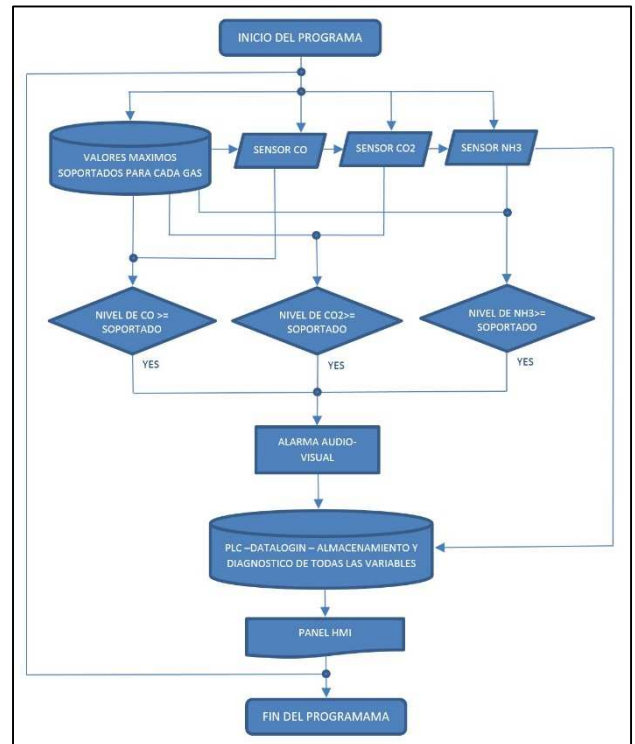


Figura 21.-Flujograma Proceso de Monitoreo de la Calidad de Aire

## B. MODULO WINCC BASIC

El Módulo WinCC de Tia Portal V11, permite la programación de los Paneles Siemens HMI, cuenta con una gama de herramientas graficas entre los que destacan: Botones, Sliders, Visualizadores, Luces Piloto, Direccinamiento de Imágenes y configuración de Teclados.

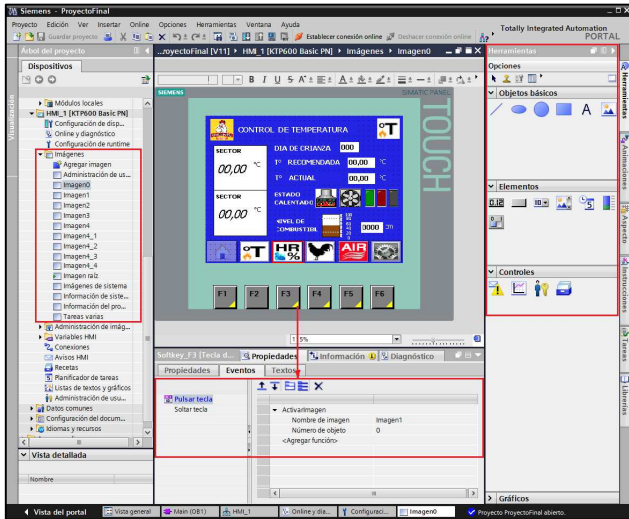


Figura 22.-Interfaz WinCC Professional y Asignación de Imágenes

La configuración de elementos por Eventos, permite controlar el funcionamiento de botones, luces, indicadores o graficas al ser pulsados, por ejemplo, un botón se puede configurar como un switch o un pulsador dependiendo del evento que se selecciona para activar dicho elemento.

La programación por imágenes facilita la organización de los procesos a visualizar, además de poder asignar a cada botón una imagen o función distinta.

Los Campos de E/S nos permiten visualizar o cambiar variables del PLC, dependiendo de la configuración que se les dé como salida de datos, entrada de datos o las dos al mismo tiempo.



Figura 23.-Pantalla Inicial



Figura 24.-Pantalla Sistema de Control de Temperatura



Figura 25.-Pantalla Sistema de Control de Humedad



Figura 26.-Pantalla Conteo de Aves Perdidas



Figura 27.-Pantalla Calidad de Aire





Figura 28.-Pantalla de Ajustes del Sistema



Figura 32.-Configuración de Data Logging

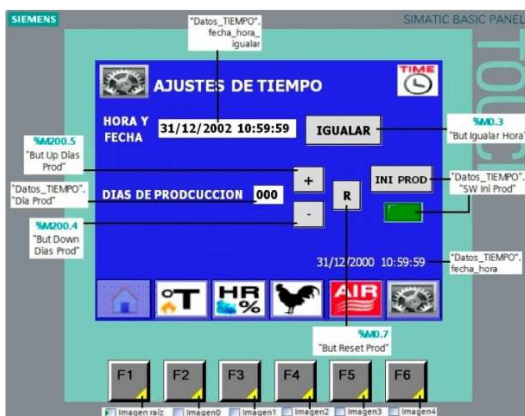


Figura 29.-Pantalla de Configuración de Tiempo

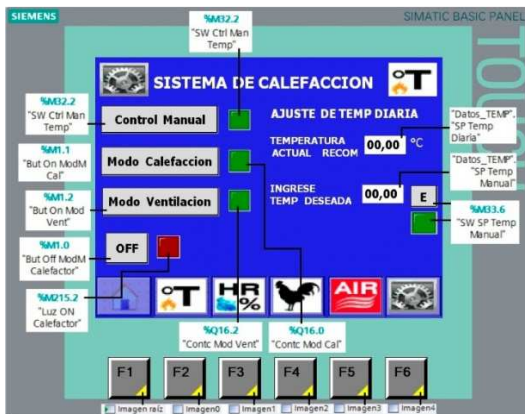


Figura 30.-Pantalla de Ajustes de Temperatura



Figura 31.- Pantalla de Ajustes de Humedad

## VI. ANALISIS COSTO BENEFICIO

Determinamos el tiempo que tardará en recuperar la inversión del proyecto.

Al realizar un análisis de ganancias del sistema manual y del sistema automatizado:

### A. SISTEMA MANUAL

Se tiene que de gastos de producción es de **\$61337.76**, se tiene un índice de mortalidad del 10%, es decir, el galpón tiene una capacidad para 18000 pollos, con este índice de mortalidad tendremos 16200 aves.

La granja “La Esperanza” entrega los pollos a la corporación AVITALSA en donde su costo por libra es de \$0.75, los pollos salen con un promedio de 5.5 libras.

Cantidad de Pollos = 16200 unidades

Cantidad de libras de pollos = 89100 libras

Costo de libra de pollo = \$0.75

Total de Ventas = \$66825

Total Gastos = \$61337.76

GANANCIA = Total de Ventas - Total Gastos

**GANANCIA = 5487.24**

### B. SISTEMA AUTOMÁTICO

Se tiene que de gastos de producción es de **\$59313.76** tiene un índice de mortalidad del 9%, es decir, el galpón tiene una capacidad para 18000 pollos, con este índice de mortalidad tendremos 16380 aves.

Cantidad de Pollos = 16380 unidades

Cantidad de libras de pollos = 90090 libras

Costo de libra de pollo = \$0.75

Total de Ventas = \$67567.5

Total Gastos = \$59313.76

GANANCIA = Total de Ventas - Total Gastos

**GANANCIA = \$8253,74**

Se estima que la inversión será recuperada en 3 camadas.

### C. COMPARACIÓN DE LOS BENEFICIOS EN BASE A LOS COSTOS

Podemos demostrar mediante el análisis costo-beneficio el proyecto al ejecutarse beneficiara en gran magnitud económicamente a su vez se recuperará la inversión en un periodo de tiempo muy corto.

| COSTOS AUTOMATIZACIÓN                  |                  | BENEFICIO                                  | TOTAL            |
|--|------------------|--|------------------|
| Costo implementación. (Anexo 1)        | \$8556,63        | Disminución del índice de mortalidad. (9%) | \$766,50         |
| Mantenimiento eléctrico y electrónico. | \$ 250           | Producción en menor tiempo. (46 DIAS)      | \$1000           |
|  |                  | Reducción de costos de calefacción         | \$500            |
|  |                  | Reducción de mano de obra                  | \$500            |
| <b>COSTOS TOTALES</b>                  | <b>\$8806.63</b> | <b>BENEFICIOS TOTALES</b>                  | <b>\$2766,50</b> |

### VII. CONCLUSIONES

La automatización de procesos, conlleva una gran inversión económica, pero a la vez reduce enormemente los costos y tiempos de producción, lleva un control más preciso de las actividades desempeñadas por el ser humano, agiliza el proceso y garantiza un producto de mayor calidad.

Los resultados del proyecto fueron satisfactorios, el índice de mortalidad bajo del 10%, con el sistema manual a un 9% con el sistema automático, equivalente a un incremento de 180 aves en la producción. Igualmente el tiempo de producción se redujo de 47 a 46 días, lo que se traduce en ahorros de comida, agua y combustible.

La inversión del proyecto es fácilmente recuperable, debido al incremento de ganancias en base a los beneficios antes descritos, el análisis económico demostró que la inversión es recuperable en 3 camadas, aproximadamente 5 meses.

### VIII. RECOMENDACIONES

Para la manipulación del sistema de control se aconseja previamente realizar una capacitación del personal de la granja mediante el uso del manual de usuario y mantenimiento adjunto en los anexos, para evitar cualquier daño en el sistema o en la integridad del usuario.

Se recomienda a las industrias automatizar sus procesos productivos, ya que esto garantiza que el producto mejore sus características, se obtenga en un menor tiempo y se reduzca el costo de mano de obra, con lo cual se puede recuperar fácilmente la inversión inicial.

Dentro de la automatización de procesos en industrias de mediana y gran escala, se aconseja utilizar equipos de última generación y en lo posible que sean de una marca destacada. Ya que estos facilitan el trabajo de montaje, programación y comunicación. Aparte de brindar un alto grado de fiabilidad y un menor costo en futuros mantenimientos.

### IX. REFERENCIAS

- Quintana, J. (2011). *Avitecnia, Manejo de las aves domesticas mas comunes* (Cuarta ed.). Mexico: Trillas.
- Quintana, P. (2005). *Métodos Numericos con Aplicaciones en Excel*. Barcelona: Reverté Ediciones.
- Sadiku, M. N., & Alexander, C. K. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. Mexico: McGraw - Hill.
- Bolton, W. (2010). *Mecatrónica, Sistemas de Control Electrónico*. Barcelona: Alfaomega.
- Myers, R. (2012). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson Education.
- Mataix, C. (2007). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Madrid: Alfaomega.
- Chemical Bond Approach Project. (1996). *Sistemas Químicos*. Michigan: Reverte S.A.

### SOBRE LOS AUTORES



Diego O. Erazo Ch., nació en Quito – Ecuador el 31 de Marzo de 1990. Realizo sus estudios secundarios en la Unidad Educativa Teodoro Gómez de la Torre. Culmino sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014.

Áreas de interés: Automatización y Control de Procesos Industriales, Robótica, Microelectrónica, Energías Alternativas.

Contacto: [diego\\_oec@hotmail.es](mailto:diego_oec@hotmail.es).



Vanessa T. Salgado F., nació en Cayambe – Ecuador el 22 de Septiembre de 1990. Realizo sus estudios secundarios en el Colegio Nelson Torres. Culmino sus estudios superiores en la Universidad Técnica del Norte en la carrera de Ingeniería en Mecatrónica en el 2014.

Áreas de interés: Control, Automatización Industrial, Robótica, Energías Renovables, Microcontroladores.

Contacto: [vanes\\_838@hotmail.com](mailto:vanes_838@hotmail.com).